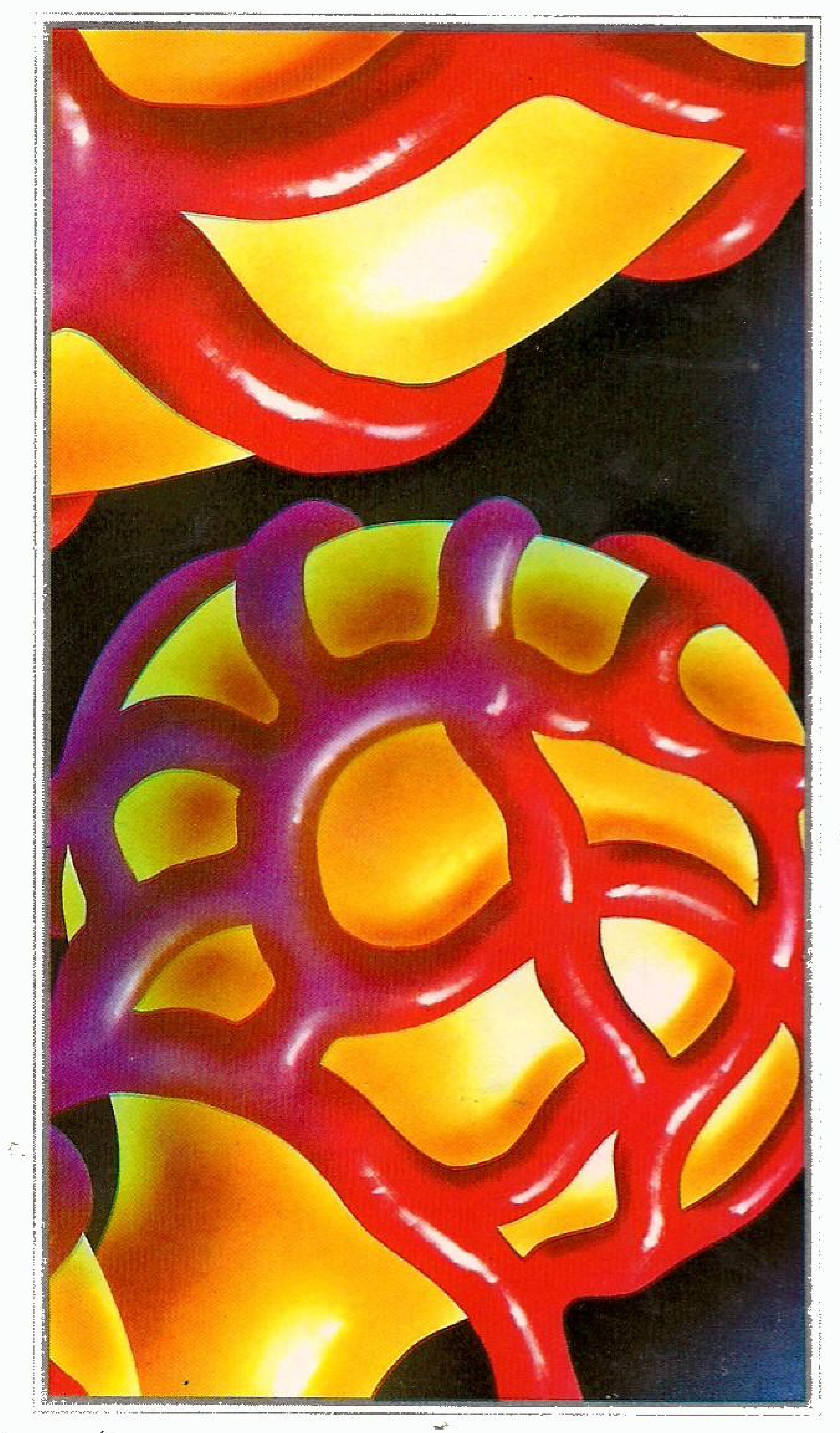
جسـم الانـسـان

# التنفس والـدم



أكاديميا

Ashraf Omar Samour
Arabcommix






جسم الانسان

# التنفس والدم

أكاديميا هي العلامة التجارية لأكاديميا إنترناشيونال للنشر والطباعة
أكاديميا إنترناشيونال هي الفرع العلمي من دار الكتاب العربي

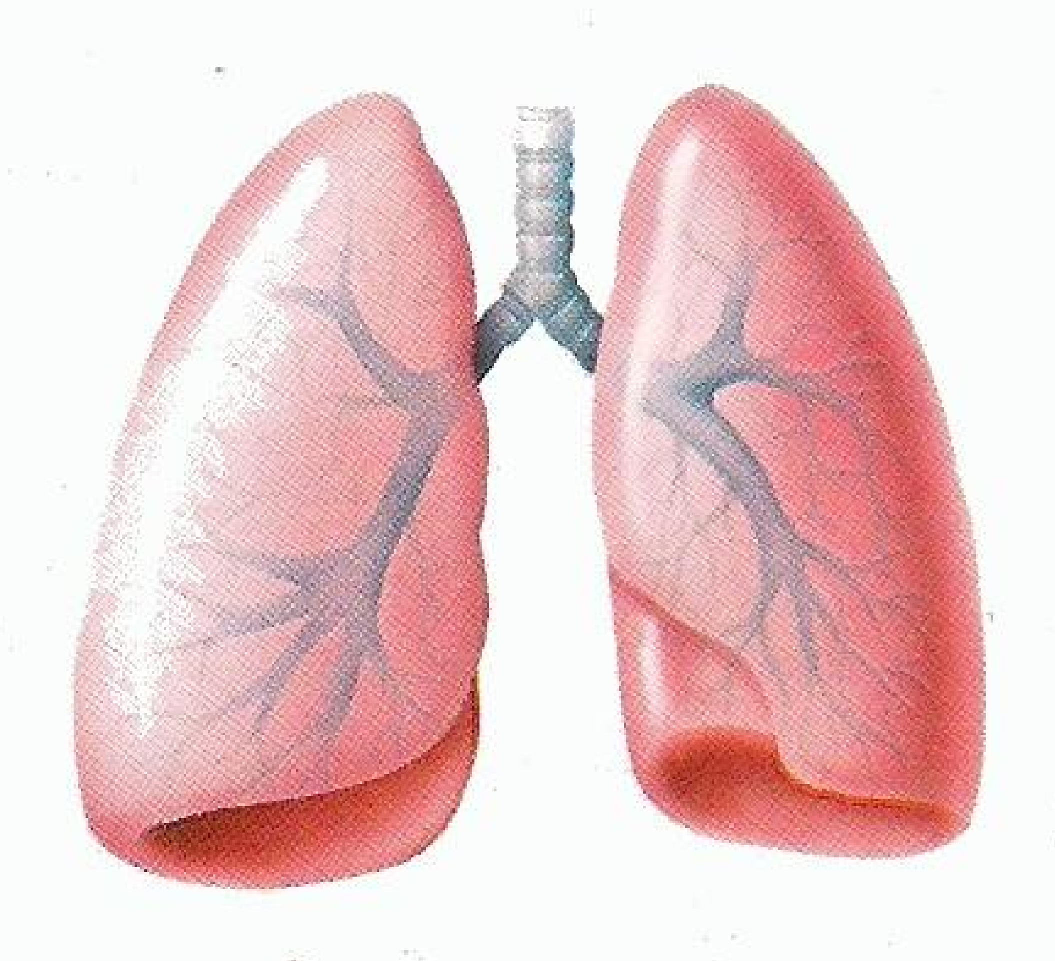
**ACADEMIA** is the Trade Mark of Academia International
for Publishing and Printing

**La respiración y la sangre التنفس والدم**
حقوق الطبعة الأسبانية Ediciones Lema، 1997


Academia International أكاديميا إنترناشيونال
ص.ب P.O.Box 113-6669
بيروت، لبنان Beirut, Lebanon
هاتف Tel 800832-800811-862905
فاكس Fax (009611)805478

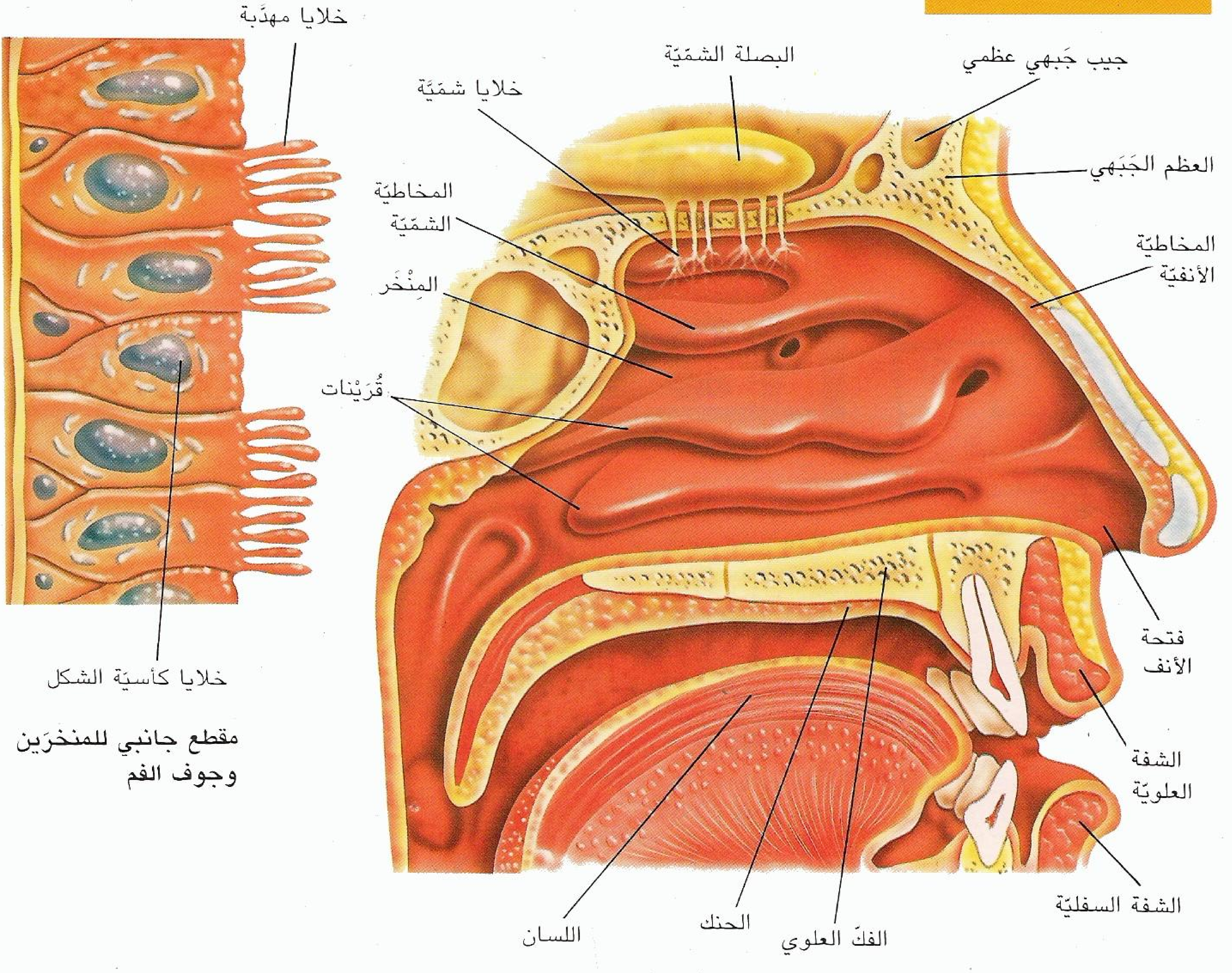
جسم الانسان

# التنفس والدم




أكاديميا
بيروت - لبنان

## ما هما




مقطع جانبي للمنخرَين وجوف الفم

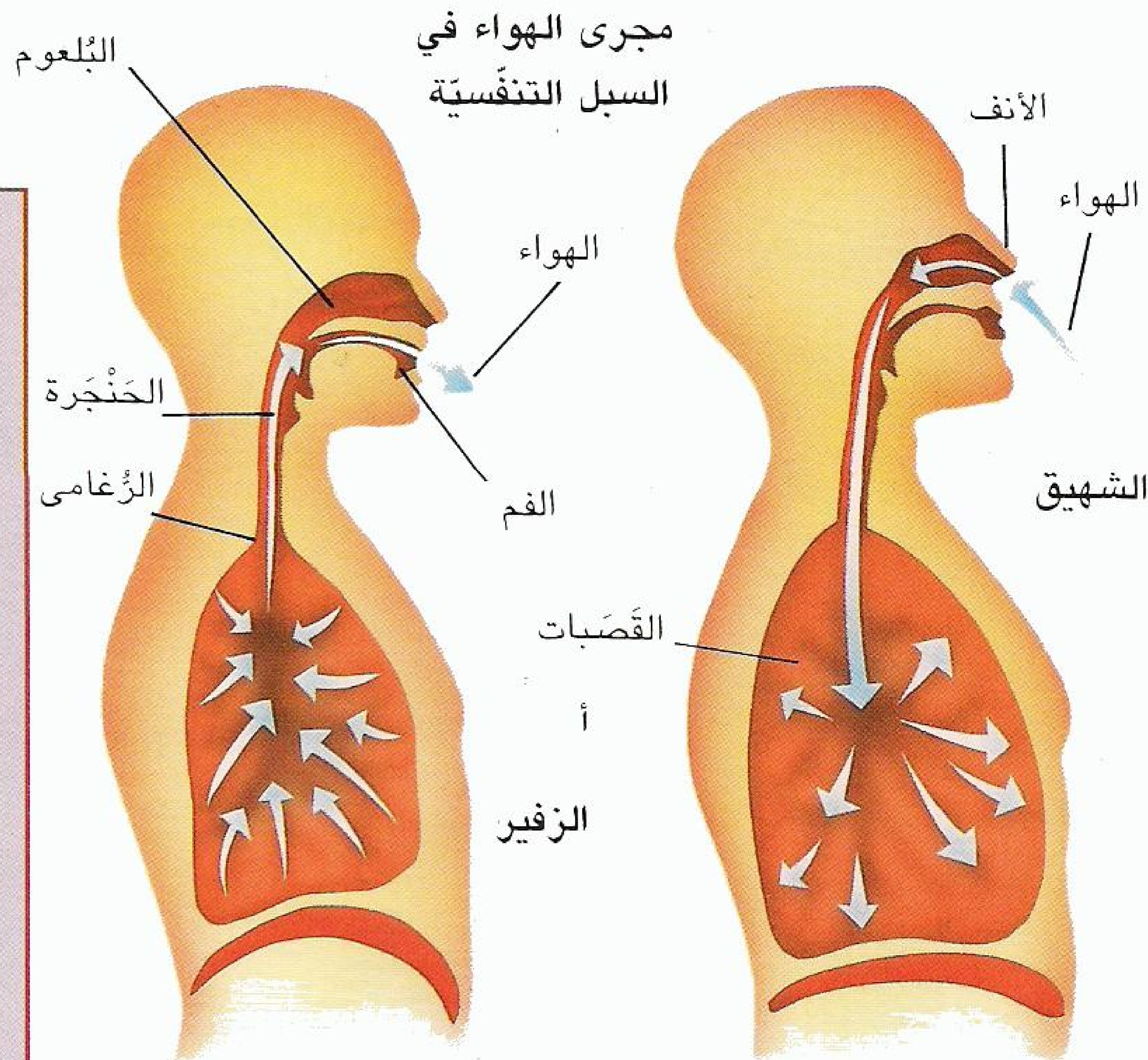
مقطع الظهارة التي تشكّل المُخاطيّة الأنفيّة

يتألّفُ الجهازُ التنفسي من السُبُلِ التنفسيّة (الأنفِ والفمِ والبُلعومِ والحَنْجَرة والرُغامى والقصبات) ومن الرئتينِ. وكما تعلمُ، يدخل الهواءُ الجسمَ عبرَ الأنفِ والفمِ، إلاّ أنّ عملَ الفمِ يتّصلُ خاصة بالأكلِ (لا سيّما مضغِه وترطيبه باللعاب). ومهما يكن الأمرُ فإنّ الفمَ أيضًا سبيلٌ تنفسيٌّ يلعبُ دورًا جوهريًا في إصدارِ الصوت.

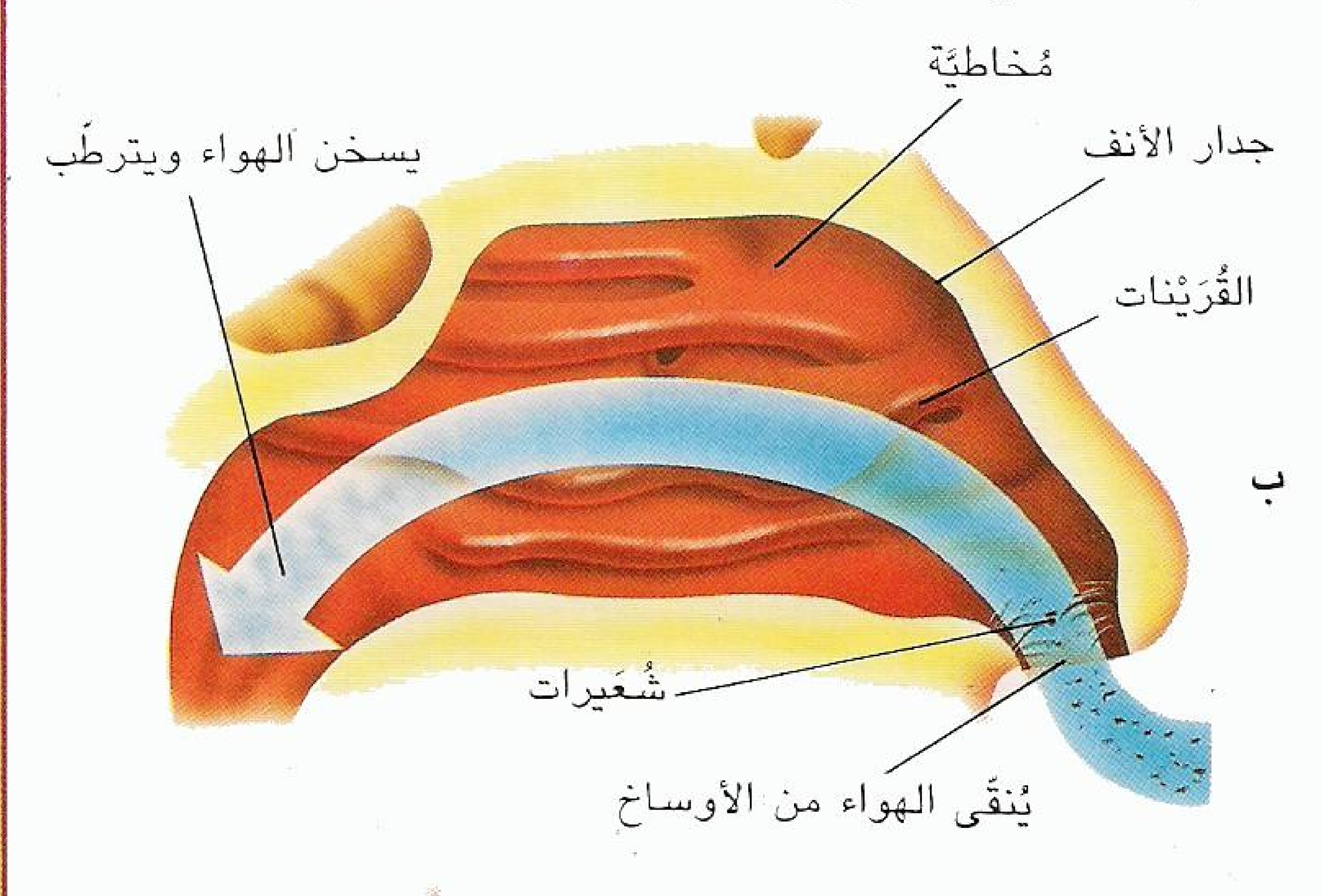
يشكّلُ الأنفُ بُنيةً عظميّةً وغضروفيّةً في وسطِ الوجه. وتظهرُ في الأنفِ فُتحتانِ تؤدّيانِ إلى المنخَرَين اللذين تفصلُ بينهما صفيحةٌ من العظمِ والمادّة الغُضروفيّة تسمى الوتيرةَ أو الحاجزَ الأنفيَ ويغطّي الغضروفُ داخلَ كلٍّ من هذين الجوفينِ، مشكّلاً عددًا كبيرًا من الطيّاتِ والتجاويفِ والحَدَباتِ، التي تُعرفُ باسم القُرَيْنات. ويغطّي فتحتَي المنخرَينِ شعرٌ يرشّحُ وينقّي الهواءَ الداخلَ إلى السُبُلِ التنفسيّة.

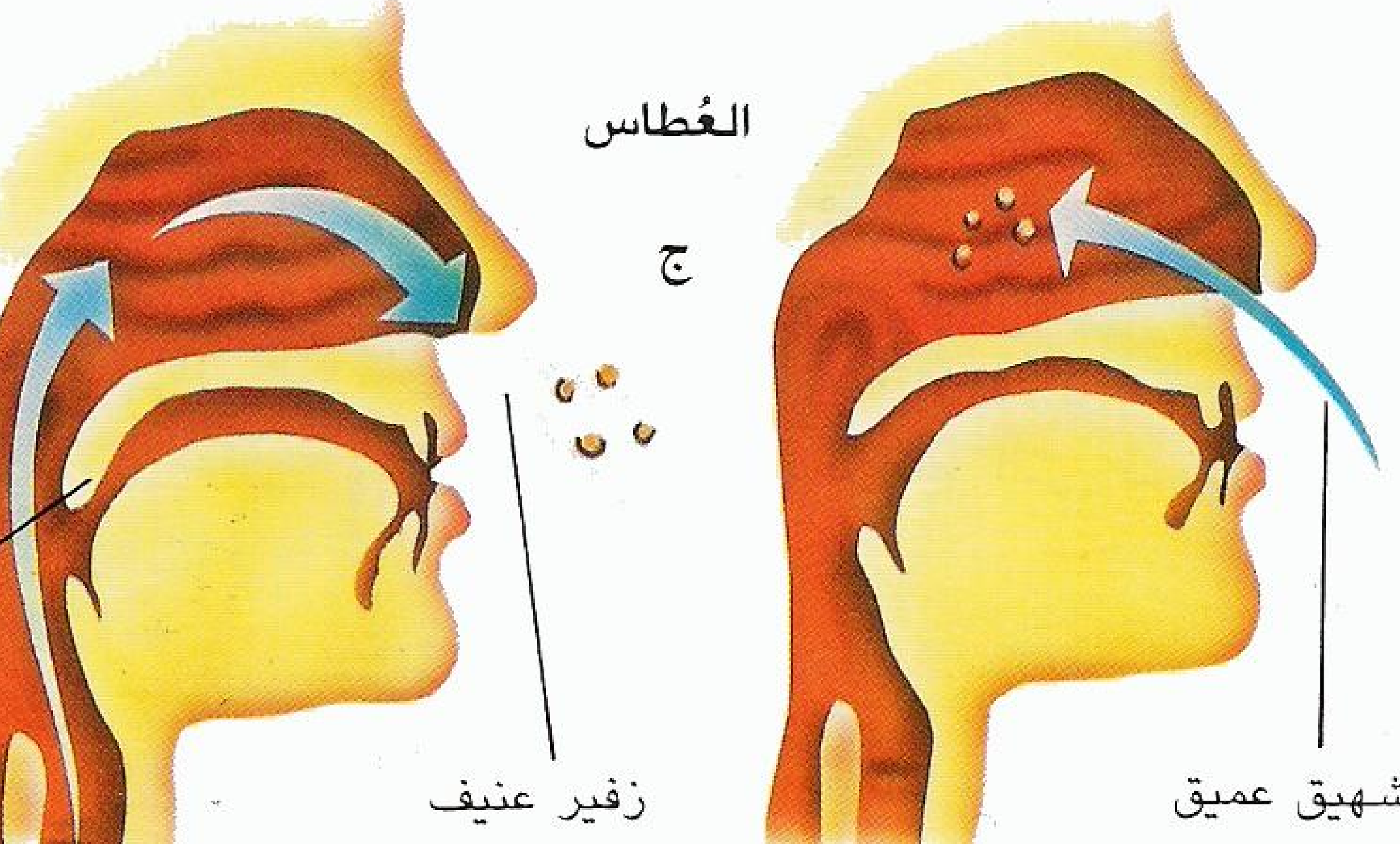
ويغطّي القسمَ الأكبرَ من باطنِ المنخرَينِ غشاءٌ مخاطيٌّ يُعرفُ بالمخاطيّةِ الأنفيّةِ، يتألّفُ من ظِهارةٍ مكوَّنةٍ من خلايا مهدّبةٍ يبرزُ بينها عددٌ من الخلايا المُفرزةِ للمخاطِ (الخلايا الكأسيّةِ الشكلِ).

يمتدُّ في الجزء العلويّ من المنخرين غشاءٌ مخاطيٌّ مختلفٌ، يُعرفُ بالمخاطيّةِ الشّمّيّةِ، يحتوي على مستقبِلاتٍ تلتقطُ الروائحَ.




التغيّرات التي يخضع لها الهواء المُستَنشَق داخلَ المِنْخَرين




**(أ) مجرى الهواء**

في كلِّ شهيقٍ، يدخلُ الهواءُ المحمَّلُ بالأكسجينِ من الأنفِ أو الفم ثم يتابعُ طريقه عبرَ البُلعومِ والحَنْجَرةِ والرُّغامى ويصلُ إلى الرئتينِ عبرَ القَصَباتِ والقُصَيْباتِ. وفي كلِّ زفيرٍ يتبعُ الهواءُ الطريقَ العكسيَ حتّى يخرج من الجسمِ.

**(ب) تسخينُ الهواءِ**

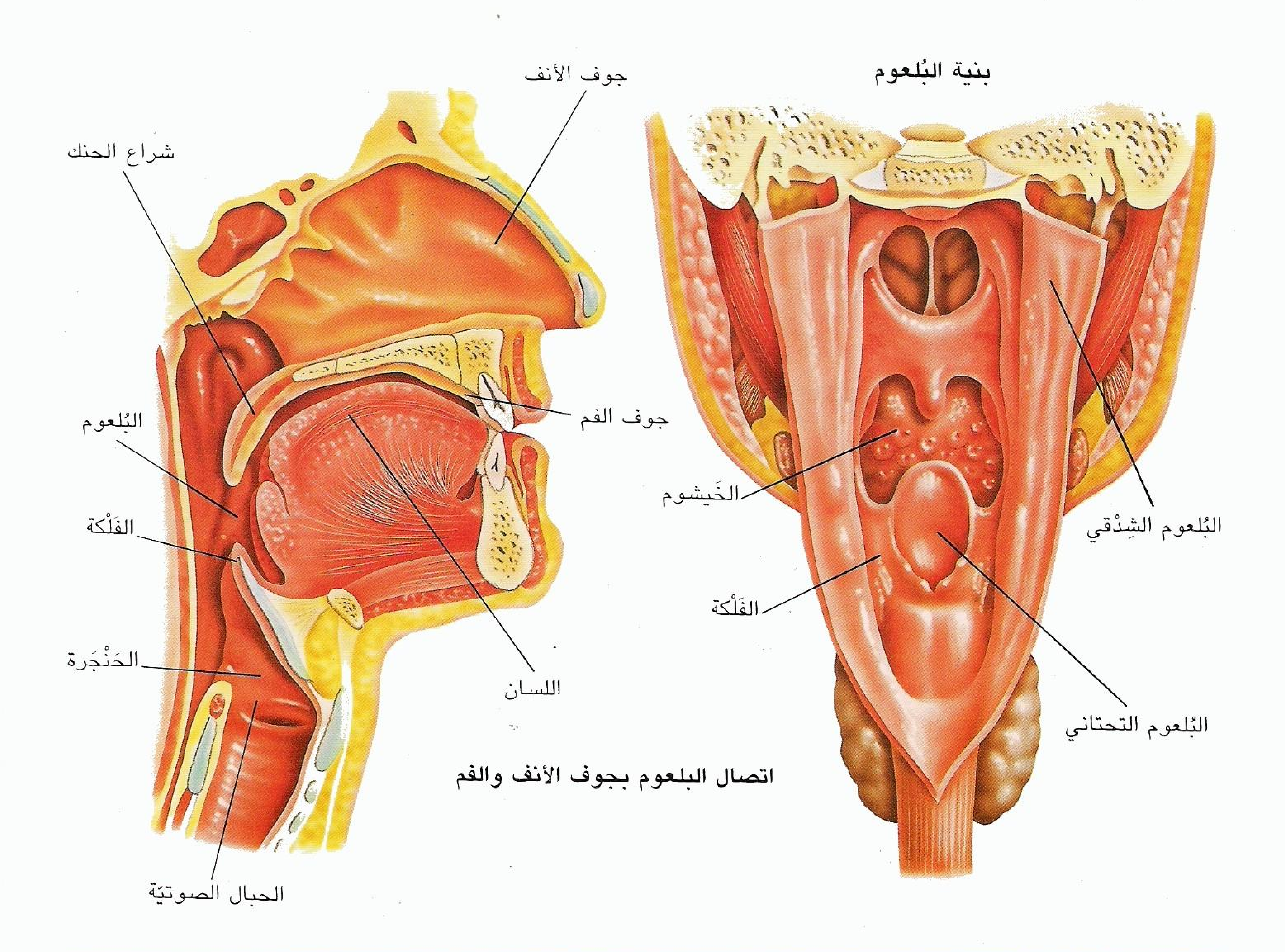
من الأفضلِ أن يدخلَ الهواءُ من الأنفِ، لأنَّ المِنْخَرينِ يحضّرانه بشكلٍ يسمحُ لنا بتنفّسه. في المرحلةِ الأولى، تنظّفُ الشُعَيراتُ التي تغطّي المخاطيّةَ، الهواءَ من الغبارِ والجراثيم، إذ ترشّحُ الهواءَ وتستبقي كلَّ ما يجبُ منعه من المرور (بما في ذلك ملايينُ الكائنات المجهريّةِ). في مرحلةٍ ثانيةٍ، تسخّنُ الأغشيةُ المخاطيّةُ الهواءَ بفضلِ الأوعيةِ الدمويّةِ التي ترويها وتحافظُ على درجةِ الحرارةِ داخل الأنفِ. أخيراً، يرطّبُ السائلُ المُخاطيُّ الذي تفرزُه الأغشيةُ المخاطيّةُ الهواءَ، لأن الهواءَ الشديدَ الجفافِ قد يتسبّبُ بتهيّجِ السُبُلِ التنفسيّةِ. إضافةً إلى ذلكَ، يوفر المخاطُ الذي يغطّي الجُدُرَ الداخليّةَ للمِنْخَرينِ وقايةً فعّالة جدًّا ضدَّ حالات العدوى. ويتّجهُ الهواءُ الرطبُ والساخنُ والنظيفُ، في نهايةِ الأمرِ، إلى الرئتَينِ.

**(ج) العُطاس**

العُطاسُ فعلٌ منعكِسٌ ينظّفُ الأنفَ من الغبارِ والجُسَيْماتِ المزعجةِ. يحدثُ العُطاسُ عندما تهيّجُ القذارةُ التي يحملُها الهواءُ الطبقةَ المخاطيّةَ التي تبطّنُ داخلَ المِنْخَرين. عندما يعطسُ المرءُ، يحدثُ زفيرٌ قويٌّ فيخرجُ الهواءُ بعنفٍ من الأنفِ والفمِ وينظّفُ المِنْخَرينِ من الجُسَيْماتِ المزعجةِ.

# البلعوم

## ما هو




اتصال البلعوم بجوف الأنف والفم

البُلعومُ قناةٌ طولها 12 إلى 14 سنتيمترًا، تنزلُ من المِنْخَرينِ وتمرُّ وراءَ جوف الفم قبلَ أن تتصلَ بالحَنْجَرةِ والرُغامى. وللبُلعوم شكلٌ مميَّزٌ جدًّا، إذ يتّسعُ تدريجيًّا في اتجاهِ الرُغامى.

ويتّصلُ البُلعومُ أيضًا ببُنيتَينِ تُعرفانِ بالنفيرَينِ، تصلانِ الأذنَ الوسطى بجوفِ الفمِ وتعادلانِ الضغطَ على جانبيِ الطَّبْلة.

يُعرفُ الجزءُ العلويّ من البُلعومِ بالخَيشوم، ويتّصلُ بالمِنْخَرين. من جهةٍ أخرى، يشكّلُ البُلعومُ الشِدْقيُّ قاعَ جوفِ الفمِ في المنطقةِ عبرَها الطعامُ.

يفصلُ بينَ البُلعومِ والحَنْجَرةِ دسامٌ يُدعى الفَلْكَة، ويحول عندَ غلقِه دونَ دخولِ الطعامِ السُبُلَ التنفّسيّة.

تقعُ اللّوزتانِ، وهما عُضوانِ صغيرانِ بيضاويّا الشكلِ، في قاعِ الفم على جانبيِ الرَّقبة. وتتكوّنُ اللوزتانِ من نسيجٍ لِمْفيٍّ يحتوي على عددٍ كبيرٍ من الكُريّاتِ البيضِ، التي تتولّى محاربةَ العدوى الناتجةِ عن الفيروساتِ والجراثيمِ التي تدخلُ من الفمِ.

# ما وظيفته

يشكّلُ البُلعومُ والحَنْجَرةُ جزءًا من السُبُلِ التنفّسيّةِ والهضميّةِ. فكيف يتمّ ذلك؟ يمرُّ الطعامُ عبرَ البُلعومِ في طريقه إلى المعدةِ، لكن من الضروري أيضًا أن يمرّ الهواءُ باتّجاهِ الرئتين: إنّه تقاطعٌ هامٌ جداً لعملِ الجسمِ بشكلٍ سليم. ولكن... ما الذي يتحكّمُ في مرورِ الهواءِ والطّعامِ في الاتجاهِ الصحيح؟ تقعُ هذه المسؤوليّةُ على عاتقِ دِسامٍ صغيرٍ يُعرفُ بالفَلْكةِ يُغلقُ، لحظةَ بلعِ الطعامِ، الممرَّ المؤدّي إلى الحَنجرةِ لإجبارِ الطعامِ على التوجّهِ إلى المَريءِ.

لكي تصلَ بُلْعةُ الطعام الى السُبُلِ الهضميّةِ، يجبُ أن تمرَّ أوّلاً بسرعةٍ عبرَ منطقةِ البُلعوم. في هذه اللحظةِ الوجيزةِ، تتوقّفُ عمليّةُ التنفّس! ولكي لا يدخل الطعامُ السبلَ التنفّسيّة، يتحرّكُ البُلعومُ الى الأعلى والأمامِ ويلتصِقُ بقاعدةِ اللسان، ما يجعلُ الفَلْكة تسدُّ الممرَّ لأنها واقعة فوقَ البُلعوم. إضافةً إلى ذلكَ، تتقلّصُ عضلاتُ الحِبالِ الصوتيّةِ وتغلقُ المزمارَ، فيما تدفعُ عضلاتُ جُذرِ البُعلومِ بُلْعةَ الطعامِ باتّجاهِ المريءِ.

يبدو ذلك صعبًا، أليسَ كذلكَ؟ عندما تطرأُ مشاكلُ في عملِ هذا التقاطعِ، تمرُّ بعضُ جُسَيماتِ الطعامِ في السُبُلِ التنفّسيّةِ، ما يجعلُنا نغصُّ ونسعلُ.

**عمل البُلعوم أثناء البلع**

البُلعة الطعاميّة

البُلعوم

البُلعة الطعاميّة

الفَلْكة

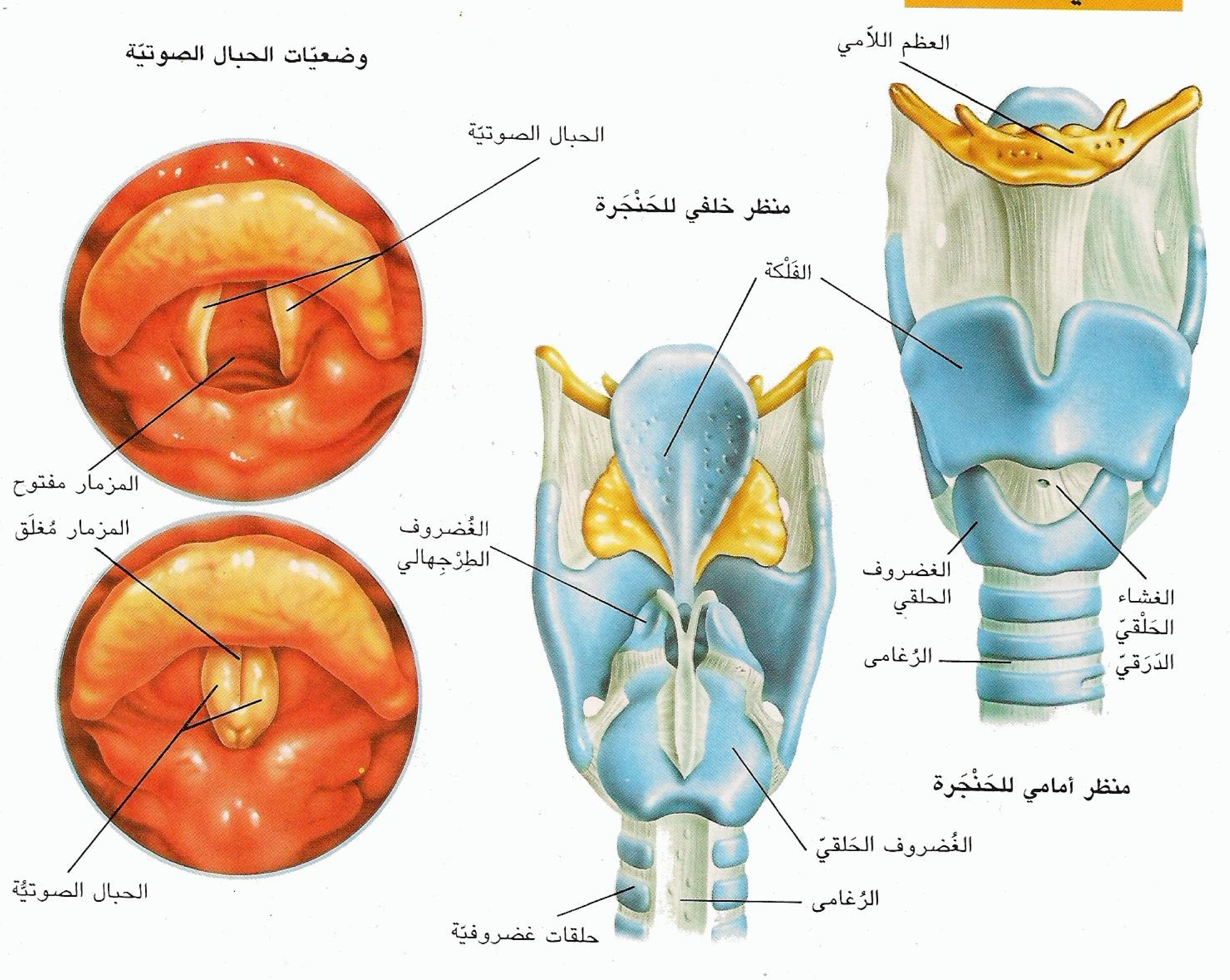
الحَنْجَرة

**رسم تفصيلي للفَلْكة وهي تمنع دخول الطعام السبل التنفّسيّة**

**رسم تفصيلي لمرور البُلعة الطعاميّة إلى المريء**

# الحنجرة والحبال الصوتية، الكلام

## ما هي

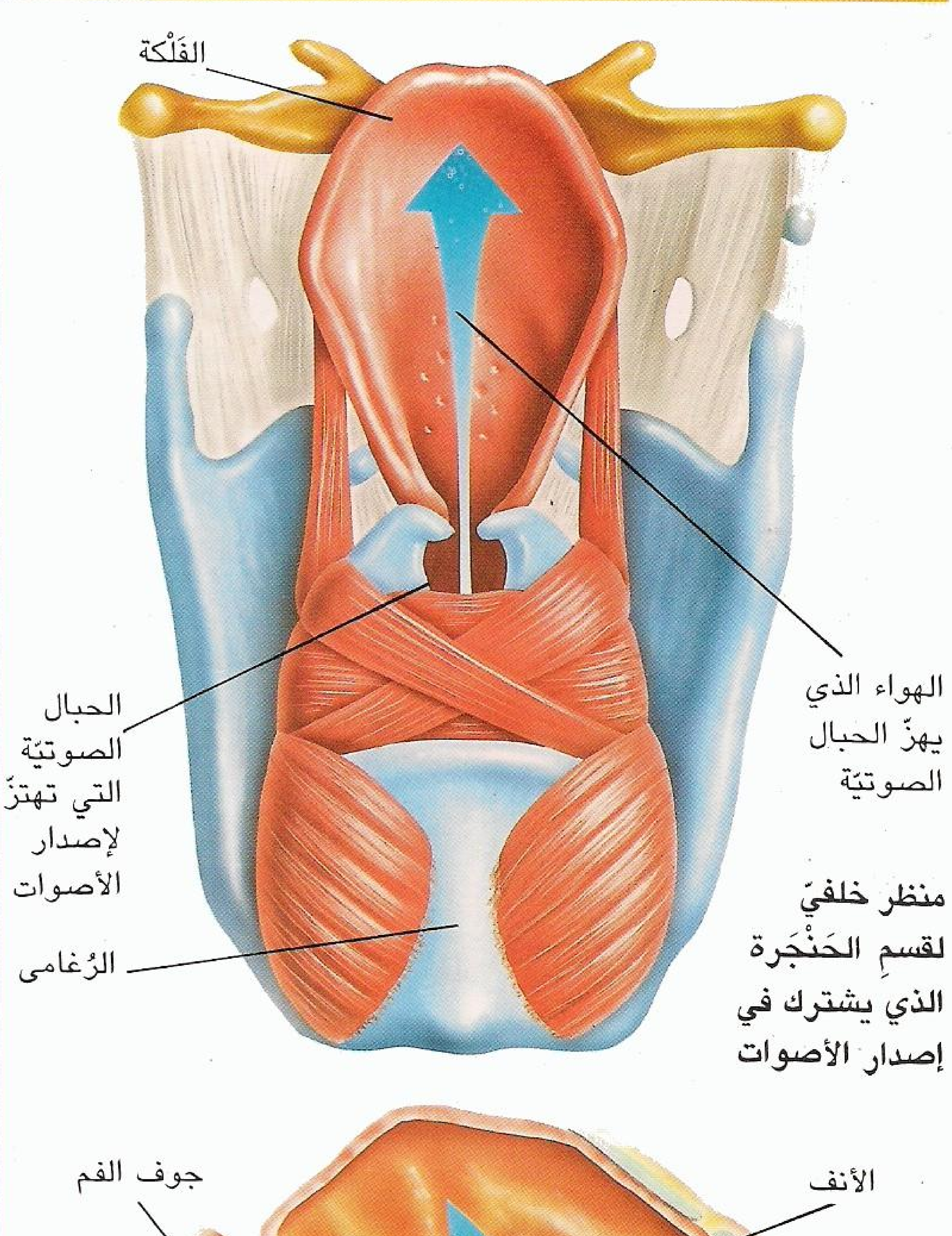



تشكّلُ الحَنجَرةُ نفقاً من الصفائحِ الغُضروفيّةِ المنحنية. وهي عضوٌ أجوفُ معقّدٌ على شكلِ علبةٍ أو مخروطٍ مقلوب، يقعُ بينَ البُلعومِ والرُغامى. وتتكوّنُ الحَنْجَرَةُ من تسعةِ غضاريفَ ومن العديدِ من العضلاتِ الصغيرةِ، ويبلغُ طولُها 3 أو 4 سنتيمتراتٍ تقريبًا.

تقعُ الفَلْكةُ في الجزءِ العُلويّ من الحَنْجَرة، وتتولى مُهمّةَ منع دخولِ الطعام السُبُلَ التنفسيّة. وتكونُ الفَلْكةُ عادةً مفتوحةً تمامًا ليتمكّنَ المرءُ من التنفسِ بشكلٍ مريحٍ، وهي لا تغلقُ إلاّ عندَ بلعِ الطعام.

تتألّفُ الحبالُ الصوتيّةُ المعروفةُ من شقّتينِ من النسيجِ العضليِّ يغطّيهما غشاءٌ مخاطيٌّ. وتتكونُ هاتانِ الشقّتانِ من عضلاتٍ صغيرةٍ ومرنةٍ تقعُ على جانبَي المزمار ولكي نتمكّنَ من الكلام، تعملُ 10 أو 12 عضلةً في الحَنْجَرةِ بشكلٍ متناسقٍ لتحريكِ الصفائحِ الغُضروفيّةِ بطرقٍ مختلفةٍ في سبيلِ تقريبِ الحبالِ الصوتيّةِ بعضِها إلى بعض بدرجاتٍ مختلفةٍ: عندئذٍ، يُجبَرُ الهواءُ المَزْفورُ على المرورِ عبرَ الفتحةِ الضيّقةِ من الحبالِ الصوتيّة، فتهتزُّ وتصدرُ أصواتًا. وعندما تكونُ الحبالُ الصوتيّةُ متباعدةً، يخرجُ الهواءُ بحريّةٍ دونَ إصدارِ أيِّ صوتٍ أثناءَ الزفير.

## ما وظيفتها




**منظر خلفيّ لقسمِ الحَنْجَرة الذي يشترك في إصدار الأصوات**

يشتركُ الفمُ والشفتانِ واللسانُ والأسنانُ في إصدارِ الصوتِ، إذ أنّها تلفظُ الأصواتَ التي تصدرها الحبالُ الصوتيّةُ. وينشأُ الصوتُ في الحَنْجَرةِ، عندما يهزُّ الهواءُ العضلاتِ الصغيرةَ المعروفةَ بالحبالِ الصوتيّةِ، والتي يقعُ بينها المزمارُ (وهو الفتحةُ الصغيرةُ التي يمرُّ عبرَها الهواءُ). ويمكنُ أيضًا لبعضِ البنى أن تتحرّكَ لتعديلِ تيّارِ الهواءِ الخارجِ من الرئتينِ. عندما يخرجُ الهواءُ من الرئتينِ، يمرُّ عبرَ الحَنْجَرةِ ويوتّرُ الحبالَ الصوتيّةَ، التي تتقاربُ وتخفّضُ قطرَ المزمارِ؛ فتهتزُّ الحبالُ عند ذلكَ وتُصدِرُ الصوتَ. يتحول الصوتُ الذي تُصدِرُه الأعضاءُ المرنانةُ (الأنف والفمُ) إلى كلمات مختلفةٍ بفضلِ أعضاءِ اللفظِ (اللسانِ والشفتَينِ والأسنانِ). ويُصدِرُ الرجَالُ صوتًا أكثرَ انخفاضاً وعمقًا من صوتِ النساءِ، وذلكَ لأنَّ الحبالَ الصوتيّةَ عند الرجالِ أطولُ منها عندَ النساءِ (20 إلى 50 مم عندَ الرجالِ و 15 إلى 20 مم عندَ النساءِ والأطفالِ)، ولأنّها تكون أكثرَ ابتعادًا بعضَها عن بعض.

### الصوتُ

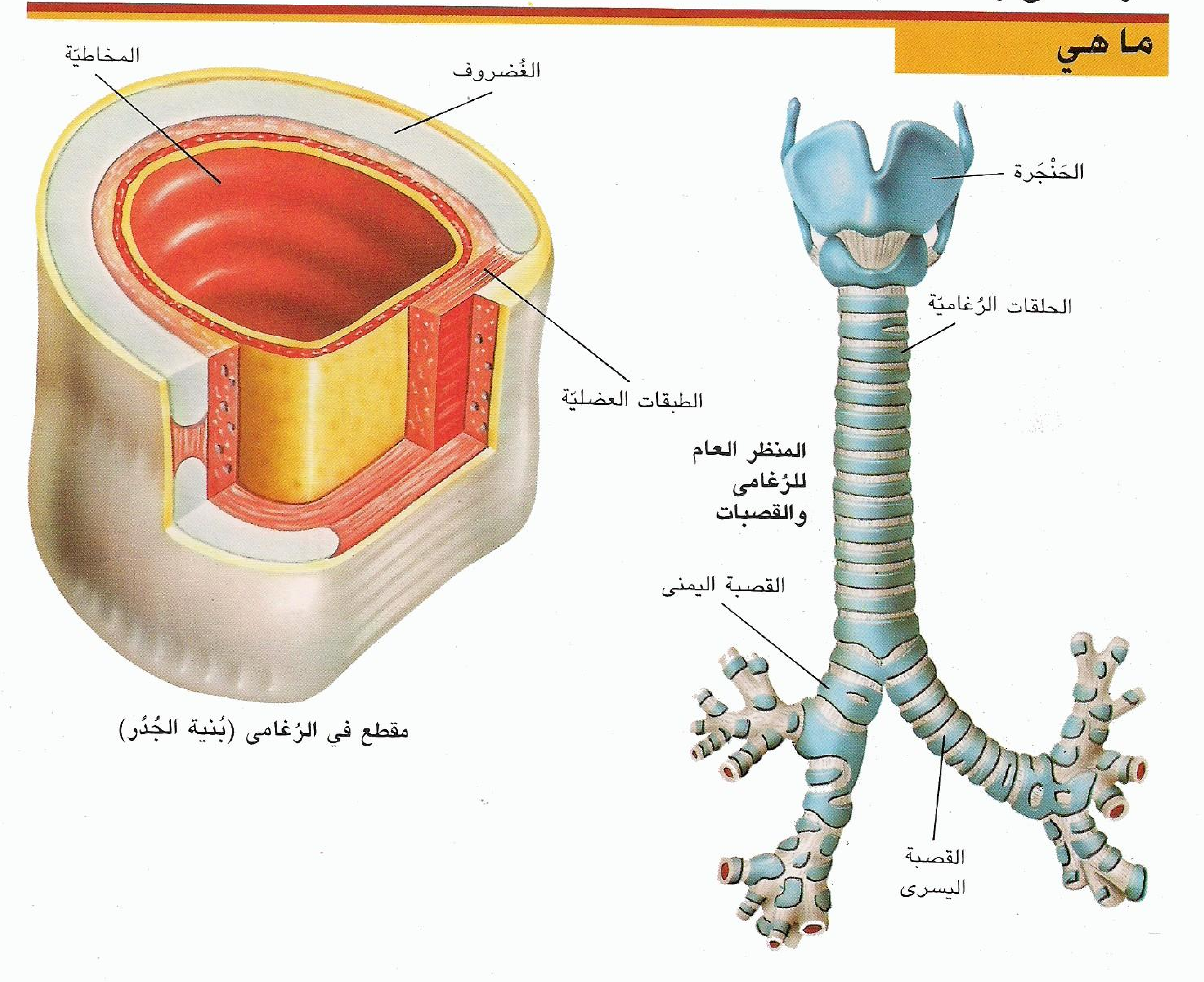
تتوقّفُ طبقةُ الصوتِ وقوّتُه وجَرْسُه، وغيرُها من الخصائصِ التي تميّزُ صوتَ كلٍّ منّا، على الكثيرِ من العواملِ المختلفةِ: شكلِ الأنفِ، واللسانِ، والأسنانِ، والشفتَينِ، والحنكِ، والوجنتَينِ، والحَنْجَرة، والبُلعوم، إلخ. لذلكَ، فإنَّ الأصواتَ تختلفُ باختلافِ الأشخاصِ، ما يجعلُنا قادرينَ على التمييزِ بينَ أصواتِ الأشخاصِ الذينَ نعرفُهم، حتّى عبرَ الهاتفِ.

جوف الفم
الأنف
اتّجاه الهواء
الشفتان
اللسان

**الأجزاء التي تشترك في تحديد نغمة الصوت**

# الرغامى والقصبات

## ما هي




مقطع في الرُغامى (بُنية الجُدُر)

الرُغامى أنبوبٌ يبلغُ طولُه 10-15 سنتيمترًا تقريبًا ويقعُ أمامَ المَريءِ. تتمتّعُ الرُغامى بقدرٍ وافٍ من الصلابةِ والمقاومةِ، بفضلِ الحلقاتِ الغُضروفيّةِ التي تحيطُ بها. تتّخذُ هذه الحلقَاتُ شكلَ U ويبَطّنُها من الداخلِ غشاءٌ مخاطيٌّ. لا تغلقُ الحلقاتُ بالكامل تحسّبًا لدخولِ جسمٍ غريبٍ في الرُغامى يسدُّ مجرى الهواءِ. لذلك، لا يحملُ الجزءُ الخلفيُّ من الرُغامى أيَّ نسيجٍ غضروفيّ، بل يتكوّنُ من أليافٍ عَضَليّةٍ ملساءَ تستطيعُ تغييرَ قطرِ الرُغامى. وتتميّزُ الغضاريفُ التي تؤلّفُ الرُغامى بمرونتِها وبحركتِها الدائمةِ: فهي، مثلاً، تزدادُ وطولاً عرضًا أثناءَ الشهيقِ، بينما يحدثُ العكسُ تمامًا أثناءَ الزفيرِ. ويحملُ الجدارُ الداخليُّ للرُغامى عددًا كبيرًا من الخلايا المُفرزةِ للمُخاطِ، إضافةً إلى خلايا خاصّة أخرى مزوّدةٍ بشُعيراتٍ صغيرةٍ، أو أهدابٍ، تساعدُ في طردِ الجُسَيماتِ التي تدخلُ الرُغامى أثناءَ الشّهيقِ. وتقومُ أيضًا غضاريفُ الرُغامى بحركاتٍ تموُّجيّةٍ تساهمُ في طردِ الجُسَيْماتِ الغريبةِ من السُبُلِ التنفّسيّةِ.

تنقسمُ الرُغامى في جزئها السفليِّ إلى فرعين، هما القصبتانِ الرئيسيّتانِ اللتانِ تتوجّهُ كلُّ واحدةٍ منهما إلى إحدى الرئتين. وتنقسم القصبتانِ داخلَ كل رئةٍ إلى عددٍ كبيرٍ من الفروعِ، تشكّلُ الشجرةَ القَصَبيّةَ.

## ما وظيفتها

حركة الأهداب التنفّسيّة

جُسَيمات الغبار

الطبقة المُخاطيّة

أ

الأهداب

ب

فَلْكة مفتوحة

هواء محمَّل بالجسيمات الغريبة

شهيق عميق

سُعال

فَلْكة مغلَقة

هواء مضغوط

رئتان متقلِّصتان

الحجاب

شهيق

زفير بضغط الهواء

رئتان متوسِّعتان

ج

قَصَبة

قُصَيْبات

رئة

رُغامى

الشجرة القَصَبيّة

(أ) يُكيِّفُ الهواءُ المستنشَقُ في السُبُلِ التنفّسيّةِ قبلَ أن يصلَ إلى الرئتينِ: أي أنّه يُسخَّنُ ويُرشَّحُ ويُرطَّبُ. كما يأخذُ الهواءُ أثناءَ رحلته جزءًا من الماءِ الموجودِ في المُخاطِ الذي يغطّي السُبُلَ التنفّسيّةَ العلويّةَ: بهذه الطريقةِ، لا يجفِّفُ الهواءُ السُبُلَ التنفّسيّةَ السفليّةَ. إضافةً الى ذلكَ، يسخنُ الهواءُ بفعلِ تماسّه مع المُخاطيّةِ، التي تبقى درجةُ حرارتها ثابتةً عند 37° مئويّةً بسببِ الأوعيةِ الدمويّةِ التي تغذّيها. وترشَحُ المخاطيّةُ التنفّسيّةُ جُسيماتِ الغبارِ بفضلِ المُخاط الذي يغطّيها والذي يلتقطُ قسمًا كبيرًا من هذه الجُسَيْماتِ. يتحرّكُ هذا المُخاطُ بصورةٍ دائمةٍ باتجاهِ البُلْعوم، دافعًا جُسَيْماتِ الغبارِ بفضلِ الحركةِ التموجيّةِ للأهدابِ المهتزّةِ التي تحملُها الخلايا الظِهاريّةِ في الغشاءِ المُخاطيِّ للرُغامى. ومن البُلعوم، تُقذفُ الجُسيماتُ الى الخارجِ عن طريقِ العُطاسِ والسُعالِ.

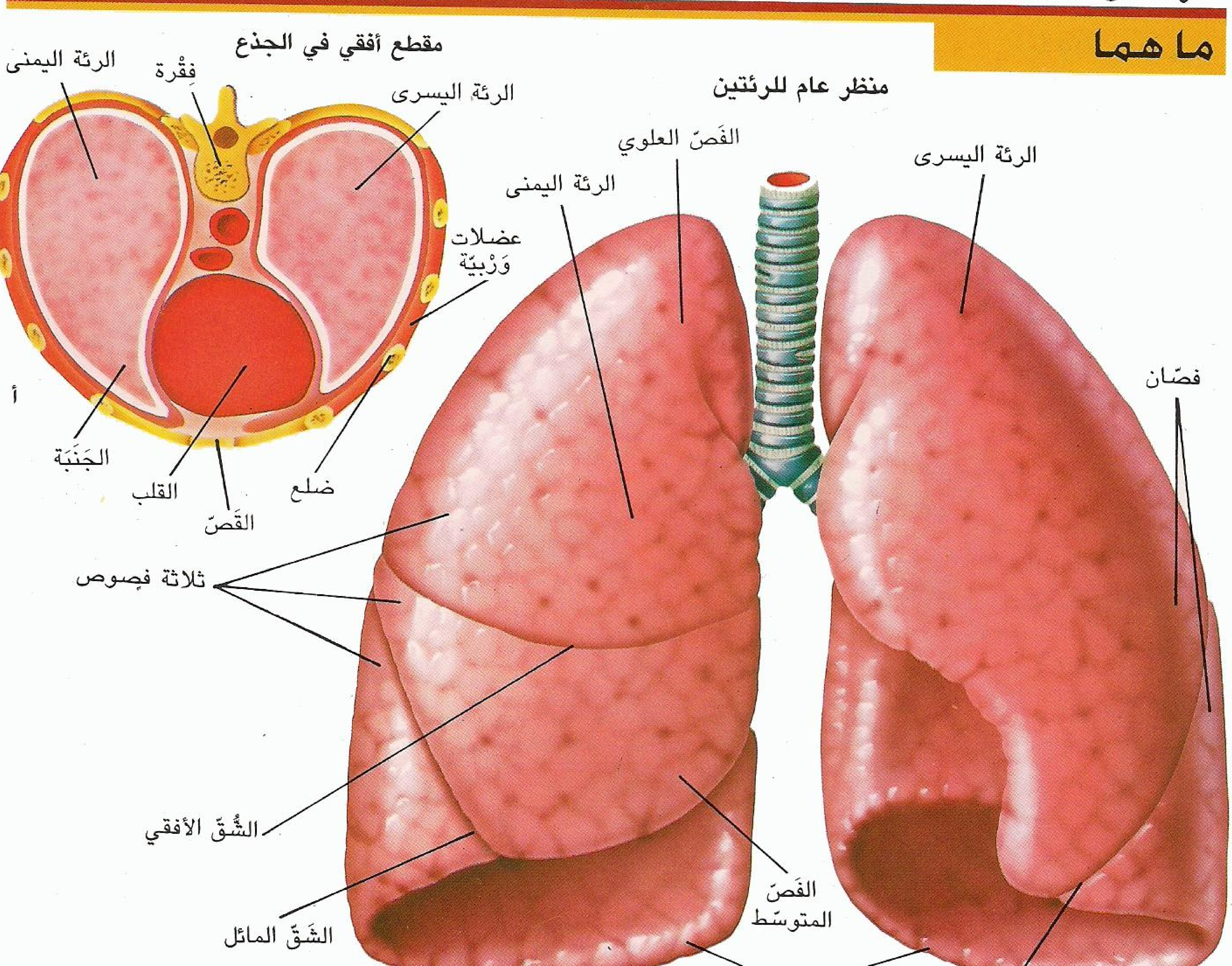
### (ب) السُعَالُ

يشكّلُ السُعالُ إحدى أغربِ الآليّاتِ الدفاعيّةِ للجسمِ. والسُعالُ فعلٌ منعكِسٌ مُهمّتُه إبقاءُ السُبُلِ التنفّسيّةِ خاليةً من الأقذارِ. وعندما يحملُ الهواءُ الذي نتنشقُّه جُسَيْماتٍ غريبةً، تبدأ آليّةُ السُعالِ: يحدثُ أوّلاً شهيقٌ عميقٌ يملأُ الرئتينِ بالهواءِ ثمَّ تغلقُ الفَلْكةُ. ويتعرّضُ الهواءُ الموجودُ في الرئتينِ لضغطٍ مرتفعٍ، وعندما يفتحُ المزمارُ فجأةً، يندفعُ الهواءُ إلى الخارجِ بسرعةٍ كبيرةٍ (أكثر من 100 كم بالساعة) حاملاً معه الجُسَيْمات التي دخلت السُبُلَ التنفّسيّةَ.

### (ج) الشجرةُ القَصَبيّةُ

الشجرةُ القصبيّةُ بنيةٌ معقّدةٌ من النُبَيْباتِ الهوائيّةِ المتفرّعةِ على شكلِ شجرةٍ مقلوبةٍ: تنقسمُ الرُغامى إلى قصبتينِ تتفرّعانِ بدورهما 15 إلى 20 مرّةً لتشكيلِ آلافِ القُصَيْباتِ الانتهائيّةِ الأدقّ من الشعرةِ!

## ما هما




الرئتان كتلتانِ مَرِنَتانِ إسفنجيّتانِ تتقلّصانِ وتتوسّعانِ وفقًا للحركاتِ النّاتجةِ عن عملِ عضلاتِ القفصِ الصَدريِّ. تتمتّعُ الرئتانِ، مثل القلبِ، بحمايةٍ داخلَ القفصِ الصدريِّ، بفَضلِ العمودِ الفقريِّ والأضلاعِ والقَصِّ، والرئةُ اليُسرى أطولُ من الرئةِ اليمنى بقليلٍ لكنّها أصغر منها. وتنقسمُ الرئةُ اليمنى إلى ثلاثةِ فصوصٍ بينما تنقسمُ اليسرى إلى فَصّينِ فقط.

تنقسمُ كلُّ رئةٍ إلى أجزاءٍ مختلفةٍ أو فُصوصٍ، تحدّدُها شقوقٌ في النسيجِ الرئويِّ: في الرئةِ اليمنى فَصٌّ ثالثٌ ناتجٌ عن وجودِ الشَّقِّ الأفقيِّ؛ من جهةٍ أخرى، تتميزُ الجهةُ الأماميّةُ للرئةِ اليسرى بانخسافٍ ناتجٍ عن وجودِ القلبِ.

تنتهي القُصَيباتُ، التي يتناقصُ قطرُها تدريجيًّا، في أكياسٍ صغيرةٍ تُعرفُ بالأسناخِ الرئويّةِ. وقد أدّى وجودُ هذه الأسناخِ إلى جعلِ النسيجِ الداخليِّ للرئتينِ أسفنجيَّ القوامِ. تأخذُ كريّاتُ الدّمِ الحمرُ الأكسجينَ الضروريَّ للجسمِ من الهواءِ المستنشَقِ الموجودِ في هذه الأسناخِ.

تحتوي رئتا الإنسانِ البالغِ على نحو خمسةِ لتراتٍ من الهواءِ، لكنّنا لا نَشهقُ ونزفرُ دائمًا كلَّ هذه الكميّةِ: أثناءَ الراحةِ، لا يدخل أو يخرجُ في كلِّ حركةِ تنفّسٍ أكثرُ من نصفِ لترٍ من الهواءِ، في حين يدخل ويخرجُ حواليَ اللترين من الهواءِ أثناء ممارسة الرياضة البدنية. ولا يتجدّدُ هواءُ الرئتينِ بأكملهِ أبداً!

# ما وظيفتهما

(أ) يغطّي كلّ رئةٍ غشاءٌ مَرِنٌ يُعرفُ بالجَنَبة، يحمي الرئتينِ من الاحتكاكِ بالأضلاعِ وعظامِ القفصِ الصَدريِّ الأخرى أثناء الحركاتِ التنفّسيّةِ. وتتألّفُ كلُّ جَنَبَةٍ من غشاءٍ مَزدوجٍ على شكلِ كيسٍ مكوّنٍ من جدارَين: يغطّي الجزءُ الداخليُّ الرئتين، فيما يغطّي الجزءُ الخارجيُّ داخلَ جوفِ البطنِ والحِجاب. ويمتلئُ الحيّزُ بين الجَنَبتينِ بسائلٍ يسهّلُ انزلاق الجنبةِ على الأخرى دون حدوثِ أيّ احتكاكٍ.

**(ب) حركاتُ الحجابِ**

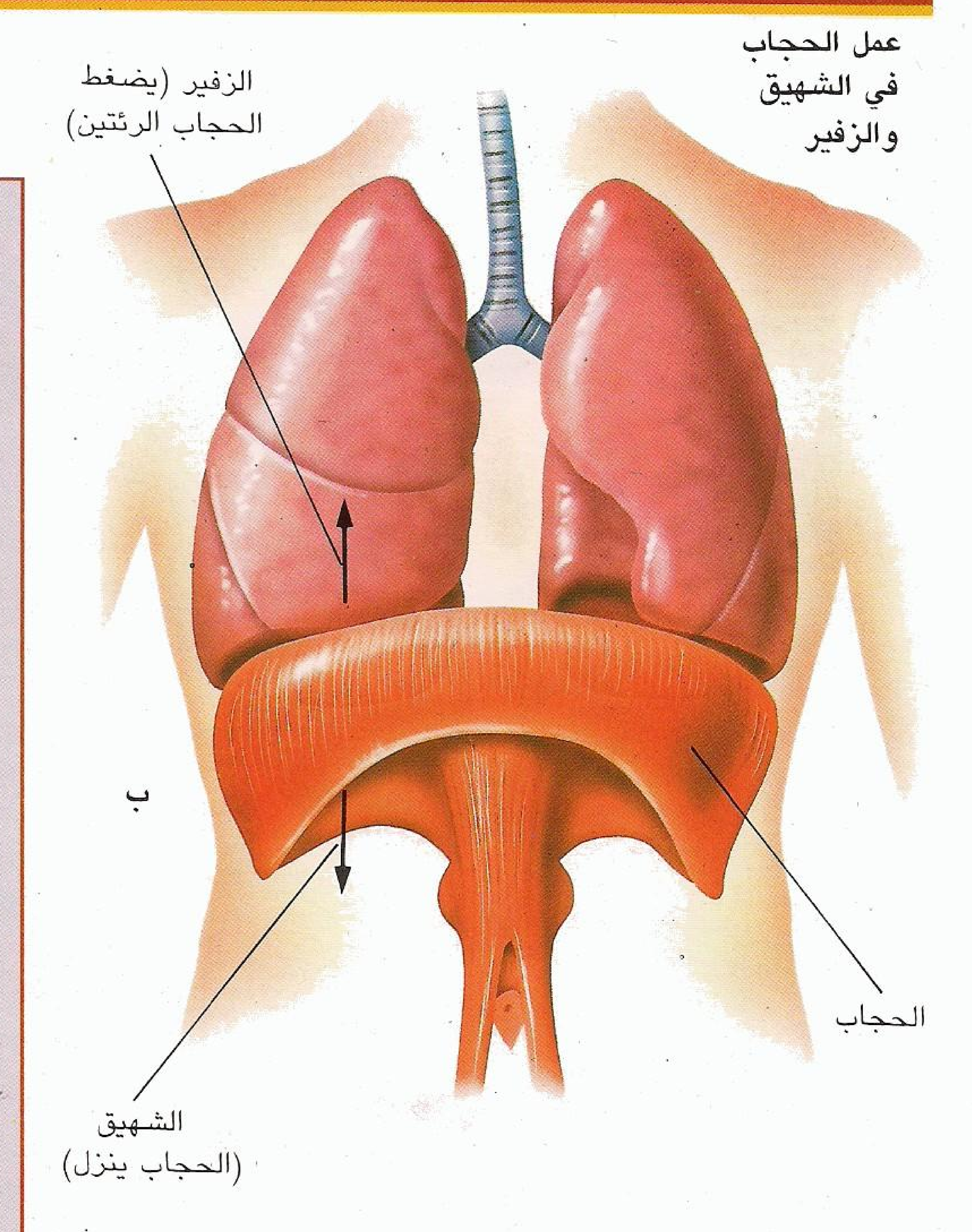
يقعُ الحجابُ بينَ القفصِ الصَدريِّ وجوفِ البطنِ. وهو عضلةٌ على شَكلِ صفيحةٍ مقوّسةٍ تشتركُ في الشهيقِ والزفيرِ. أثناءَ الشهيقِ، يتقلّصُ الحجابُ وينزلُ، فيزيدُ من الحجمِ الصدريِّ (الحيّزِ الحرّ للرئتين في الصدرِ) وتتوسّعُ الرئتانِ للامتلاءِ بالهواءِ. بعدَ ذلكَ، يتمدّدُ الحجابُ أثناءَ الزفيرِ، فيضغطُ على الأضلاعِ والرئتينِ، ما يؤدّي إلى طردِ الهواءِ من الرئتينِ.

(ج) تدخلُ في عمليّة التنفّسِ مجموعتانِ من العَضلاتِ بشكلٍ أساسيٍّ: العضلاتُ الوَرْبيّةُ والحجابُ.

أثناءَ الشهيقِ، تتقلّصُ العضلاتُ الوربيّةُ وترفعُ الأضلاعَ، ويتقلّصُ أيضاً الحجابُ.

وأثناءَ الزفيرِ، تسترخي العضلاتُ الوَرْبيّةُ والحجابُ لطردِ الهواءِ: إنّها عمليّةٌ شبهُ منفعلةٍ، إذ يسترخي المجموعُ العضَليُّ عندَ نهايةِ الشهيقِ، ما يؤدّي إلى تراجعِ الرئتينِ والقفصِ الصَدريِّ بشكلٍ كافٍ لطردِ الهواءِ من الرئتينِ.

أمّا في الزفيرِ القسريِّ فنستعملُ العضلاتِ الوربيّةَ الباطنة (التي تدفعُ الأضلاعَ إلى الأعلى) والعضلاتِ البطنيّةَ (التي تدفعُ الحجابَ إلى الأعلى).




**عمل الحجاب في الشهيق والزفير**

ج

العضلات الوَرْبيّة الباطنة

العضلات الوَرْبيّة الظاهرة

العضلة المِنْشاريّة الأماميّة

الشهيق (تتقلّص العضلات)

الزفير (تسترخي العضلات)

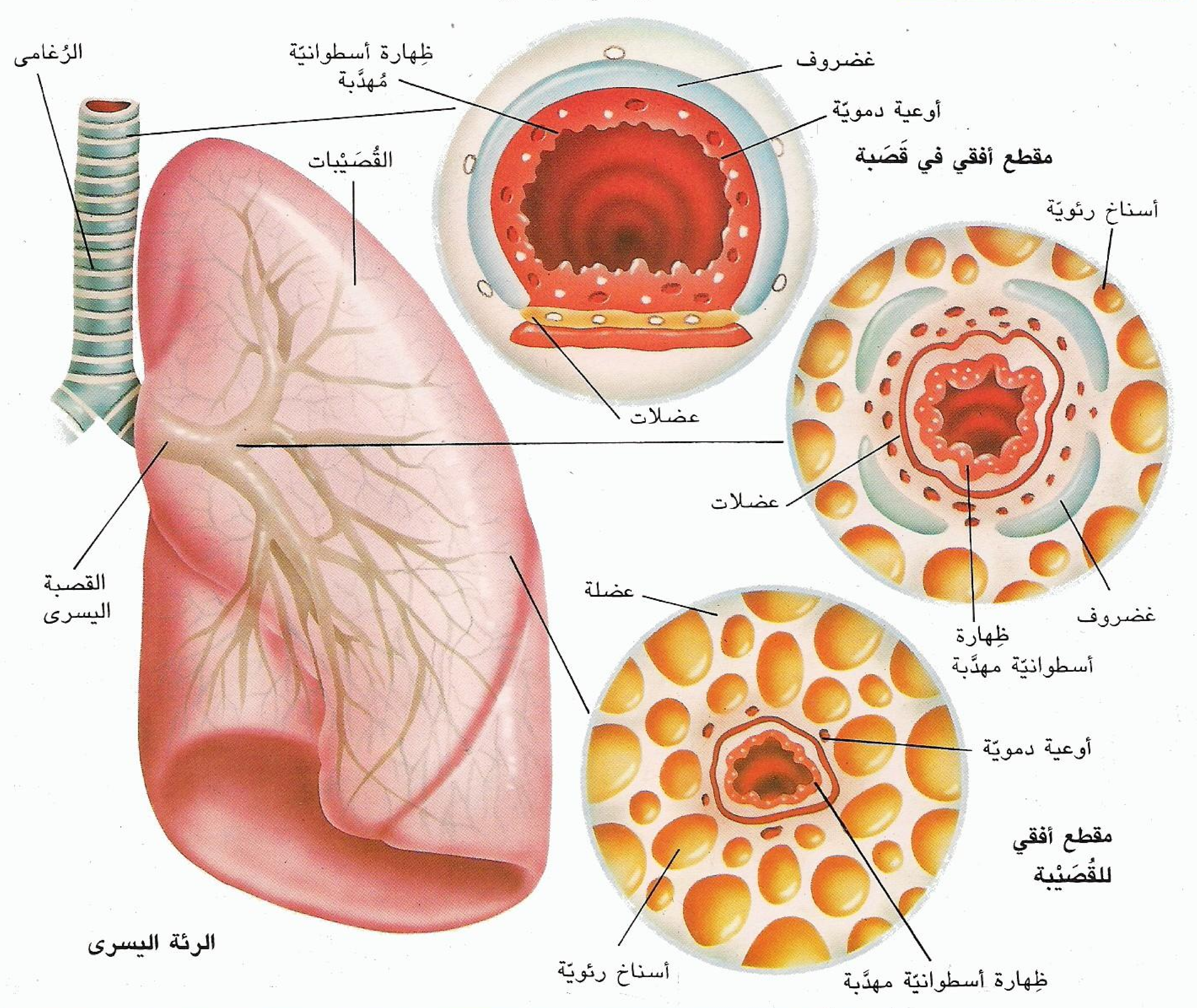
عضلة بطنيّة مائلة

العضلة المستقيمة البطنيّة

**عمل العضلات الوَرْبيّة في الشهيق والزفير**

# القصيبات والأسناخ والتبادل الغازي

## ما هي




تتفرَّعُ القصبتانِ الرئيسيَّتانِ داخلَ فُصوصِ كلِّ رئةٍ من الرئتين: تنقسمُ قصبةُ الرئةِ اليسرى إلى قصبتينِ فَصّيّتينِ، وتتفرّعُ قصبةُ الرئةِ اليمنى إلى ثلاثِ قصباتٍ فَصّيّةٍ يتّجهُ كلٌّ منها إلى أحدِ الفصوصِ الثلاثةِ.

وتستمرُّ القصباتُ بعدَ ذلكَ في التفرّعِ والامتدادِ داخلَ الرئتينِ حتى تتحوّلَ الى قُنَيّاتٍ دقيقةٍ جدًّا لا يتجاوزُ قطرُها الميلمترَ الواحدَ تُعرفُ بالقُصَيبات. وتصبُّ هذه القُصَيْباتُ في الأسناخِ العديدةِ التي تؤلّفُ النسيجَ الرئويَّ. تستمرُّ الخلايا المهدَّبةُ بتغطيةِ الجُدُرِ الداخليّةِ للقُصَيْبات، لكنَّ عددَها يتضاءلُ شيئًا فشيئًا مع اقترابِها من الأسناخِ، التي تغطّيها خلايا عاديّةٌ.

والأسناخُ الرئويّةُ أكياسٌ صغيرةٌ يجري فيها التبادلُ الغازيُّ مع الكريّاتِ الحمرِ. وتتجمّعُ هذه الأسناخُ في كتلٍ عنقوديّةِ الشكلِ في أطرافِ القُصَيْباتِ، وتحيطُ بكلِّ سِنخٍ كُبَيْبَةٌ معقّدةٌ من الشُعَيْراتِ الدمويّةِ الدقيقةِ.

تحتوي كلُّ رئةٍ على نحوِ 300 مليونِ سِنْخٍ رئويٍّ، تجري بينها شُعَيْراتٌ دمويّةٌ ذات جُدُرٍ بالغةِ الرقّةِ تتألّفُ من خلايا بطانيةٍ: ذلك ما يجعلُ المسافةَ الفاصلةَ بينَ الهواءِ والدم أصغرَ بـ 2000 ضعفٍ من المليمترِ الواحدِ!

## ما وظيفتها

(أ) لماذا نحتاج إلى التنفُّس؟ تستعملُ الخلايا أكسجينَ الهواءِ الذي نستنشقه كوقودٍ لحرقِ الطعامِ والحصولِ على الطاقةِ اللازمةِ لعملِها. لكنَّ هذا الاحتراقَ يُنتِجُ أيضاً غازَ ثاني أكسيدِ الكربونِ، وهو فُضالةٌ يمكنُ أن تكونَ سامةً للجسمِ. لذلك، فإنَّ الدمَ يأخذُ هذا الغازَ من الخلايا وينقلُه في الأوردةِ إلى الأسناخِ، حيثُ يُطرَدُ إلى الخارجِ عن طريقِ الزفيرِ.

أثناءَ الشهيقِ، تكونُ كميّةُ الأكسجينِ في الهواءِ الداخلِ إلى الرئتينِ أكبرَ بكثيرٍ من كميّةِ الأكسجينِ في الشُعَيْراتِ، فتميلُ الغازاتُ بالتالي إلى معادلةِ تركيزاتِها في جهتَي الجدارِ السِّنْخيِّ: يعبرُ الأكسجينُ إلى الدمِ بينما يعبرُ ثاني أكسيدِ الكربونِ من الشُعَيْراتِ إلى الأسْناخِ ليُطردَ بعد ذلكَ إلى الخارجِ.

(ب) يتوزَّعُ الأكسجينُ في قنواتٍ تضيقُ تدريجياً وتقودُه في نهايةِ الأمرِ إلى الأسناخِ الرئويّةِ. من ثَمَّ، تأخذُ الكريّاتُ الحمرُ الأكسجينَ وتنقلُه إلى جميعِ خلايا الجسمِ. وتحتوي الكريّاتُ الحمرُ على بروتينٍ، يُعرفُ بالهيموغلوبين، يلتقطُ الأكسجينَ من الهواءِ الداخلِ بفعلِ الشهيقِ ويحملُه إلى خلايا الجسمِ.

تقومُ الكريّاتُ الحمرُ بجهدٍ كبيرٍ لتفتحَ ممرّاً لها عبرَ الشُعيراتِ التي تحيطُ بالأسناخِ. ويكونُ هواءُ السِنْخِ في تلكَ اللحظةِ على بعدٍ أقلَّ من 0.000016 سنتيمترًا عن الكُريّةِ الحمراءِ، ما يسمحُ باجراءِ تبادلٍ للغازاتِ بسرعةٍ كبيرةٍ.

سِنْخ رئوي

أ

شُعَيْرة وريديّة

شُعَيْرة شريانيّة

دم غير مؤكْسَج محمَّل بثاني أكسيد الكربون ($CO_2$)

دم غني بالأكسجين

ب

شُعَيْرات

الأكسجين الذي يلتقطه الهيموغلوبين

ثاني أكسيد الكربون الذي تلتقطه الأسناخ

المسافة الفاصلة بين السِنْخ والكريّة الحمراء

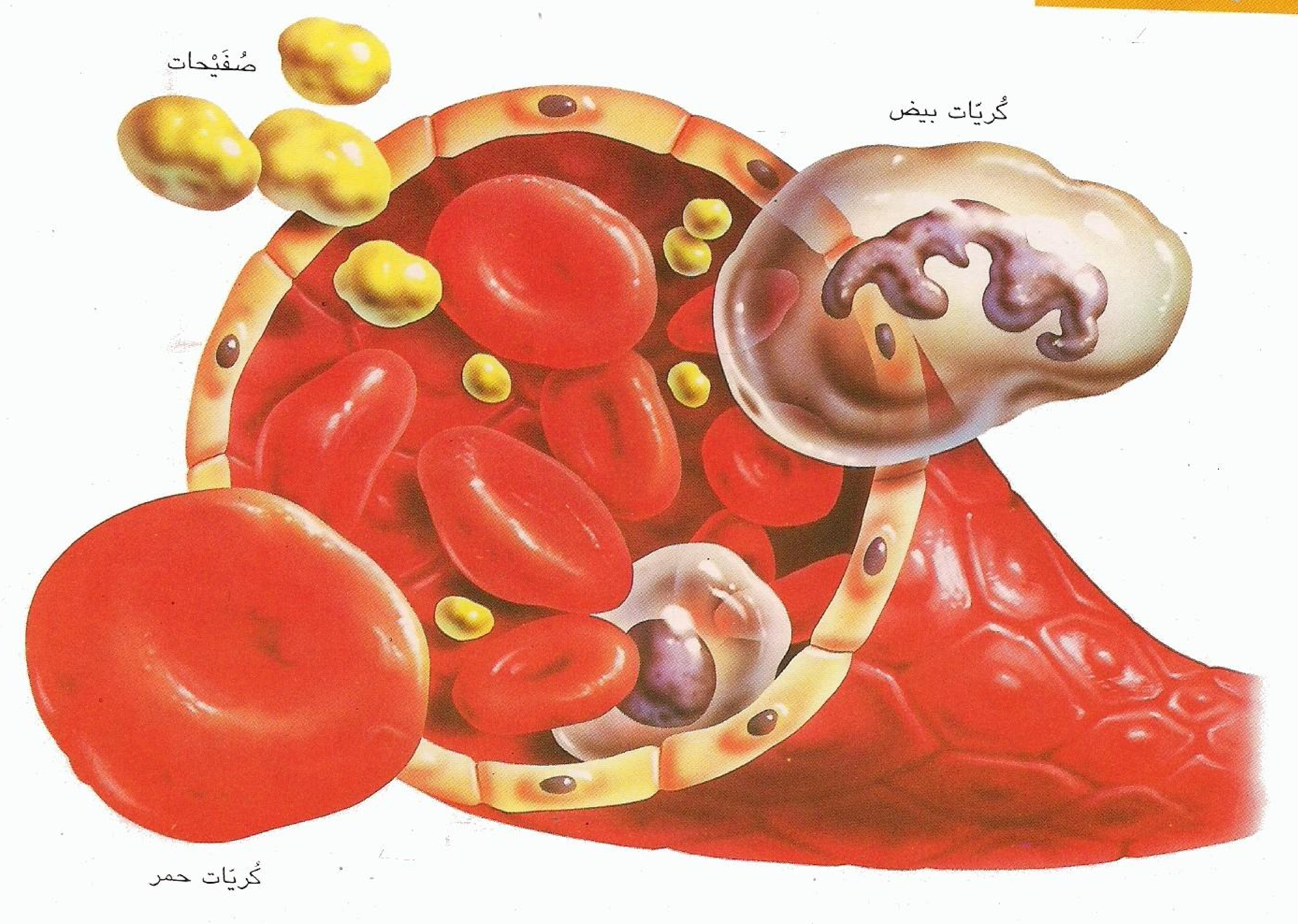
عمل جُزَيْء من الهيموغلوبين

قُصَيبة

سِنْخ

عنقود من الأسناخ الرئويّة

## ما هو الدم؟




مقطع لشُعَيْرة دمويّة

يشكّلُ الجهازُ الدورانيُّ شبكةً تتألّفُ أساسًا من القلبِ والأوعيةِ الدمويّةِ. يمرُّ بالقلبِ ما بينَ أربعةِ وستّةِ لتراتٍ من الدمِّ أكثرَ من 1000 مرّةٍ في اليوم. ولكن، ما هو الدمُ؟ الدمُ سائلٌ أحمرُ لزجٌ، يجري في شبكةِ الشرايينِ والأوردةِ والشُعَيْراتِ ويمرُّ في جميعِ أنحاءِ الجسم. يؤدّي الدمُ وظيفتينِ هامّتينِ جدًّا: ينقلُ الأكسجينَ والموادَّ المغذّيةَ إلى جميعِ خلايا الجسم، لكنّه يأخذُ أيضًا فضلاتِ الخلايا، لتُطرَحُ بعد ذلكَ خارجَ الجسمِ عبرَ الكليتَينِ والسبيلِ الهضميِّ والجلدِ والرئتينِ.

يحتوي جسمُ الإنسانِ البالغِ على نحو خمسةِ لتراتٍ من الدمِ، يضخُّها القلبُ بِلا كللٍ. عندَ فحصِ الدمِ بالمِجهرِ نجدُ أنّه مكوّنٌ من سائلٍ يُعرفُ باسم البلازما تسبحُ فيه أنواعٌ مختلفةٌ من الخلايا أو الكُريّات. يتألّفُ الدمُ بنسبةِ 50% من البلازما التي تتألّفُ بدورِها من الماءِ بنسبةِ 90%. ولهذا السبب، يشكّلُ الدمُ وسيلةَ نقلٍ جيّدةً، كما أنّه فعّالٌ في امتصاصِ الحرارةِ. وتحتوي البلازما أيضًا على موادَّ أخرى مثل البروتينِ والسكّرِ والمعادنِ والأملاحِ والهُرمونات وغيرِها.

تنقسمُ الخلايا الدمويّةُ الأكثرُ أهميّةً الى ثلاثةِ أنواعٍ: الكريّاتِ الحمرِ والكريّاتِ البيضِ والصُفَيْحات.

عمليّة التخثّر

أ

تسدّ الصُفَيْحات الجرح

فِبْرين

كريّات بيض

عمل الفِبْرين

جُلطة (دم متخثّر)

كريّات حمر محجوزة داخل الفِبرين

ج

حرّ

عرق

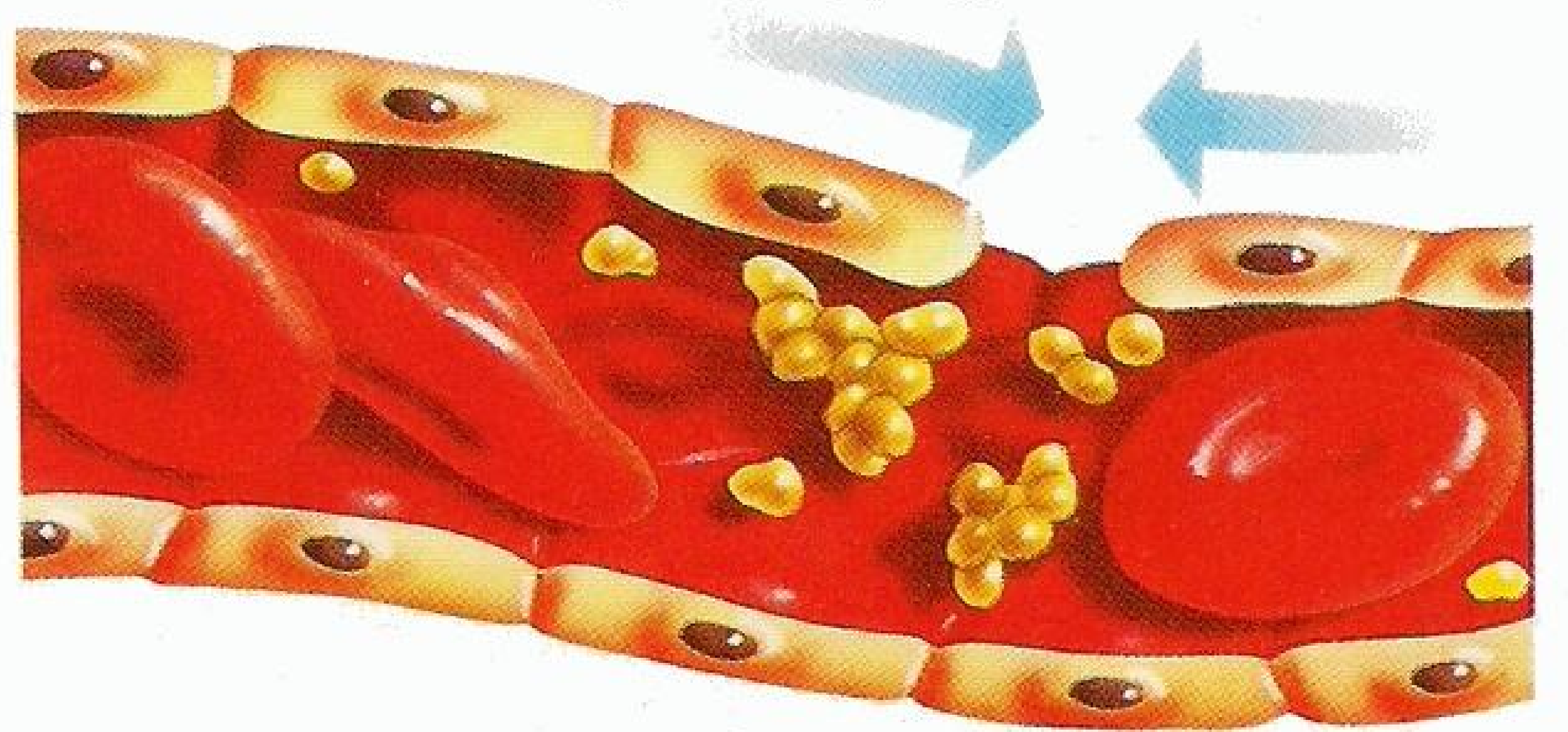
توسّع الشُعَيْرات

برد

تقلّص الشُعَيْرات

تفاعل الأوعية الدمويّة مع البرد والحرّ

ب



تضيُّق الأوعية
(يضيقُ الوعاء الدموي المُصاب)

**(أ) تَخَثُّرُ الدم**

يتخثّرُ الدمُ نتيجةَ عملِ الصُفَيحاتِ، ويوجد 200000 إلى 350000 صُفَيحةٍ في كلّ مليمتر مكعَّبٍ من الدم، وهي صغيرةٌ جدًا ومسطّحةٌ وعديمةُ النواةِ. وتتكوّنُ الصُفَيْحاتُ في نِقْيِّ (لبِّ) العظم انطلاقًا من خلايا كبيرةٍ جدًا، تُعرفُ بالنوَّاءات (جمع، نَوَّاء)، تنفصلُ عن السيتوبلازما الخاصة بها أجزاءٌ صغيرةٌ تتحوّلُ إلى صُفَيْحاتٍ.

يشملُ التخثُّرُ عدّةَ عمليّاتٍ مختلفةٍ. ففي الأوعيةِ الدمويّةِ الدقيقةِ، مثلًا، قد تكونُ عمليّةُ تضيُّقِ الأوعيةِ **(ب)** كافيةً لإغلاقِ الجرحِ. لكن عندما يطالُ الجرحُ أوعيةً دمويّةً متوسّطةَ الحجمِ، تتراكمُ الصُفَيحاتُ، كما لو أنّها أحجارُ بناءٍ، حتّى تسدَّ الفتحةَ.

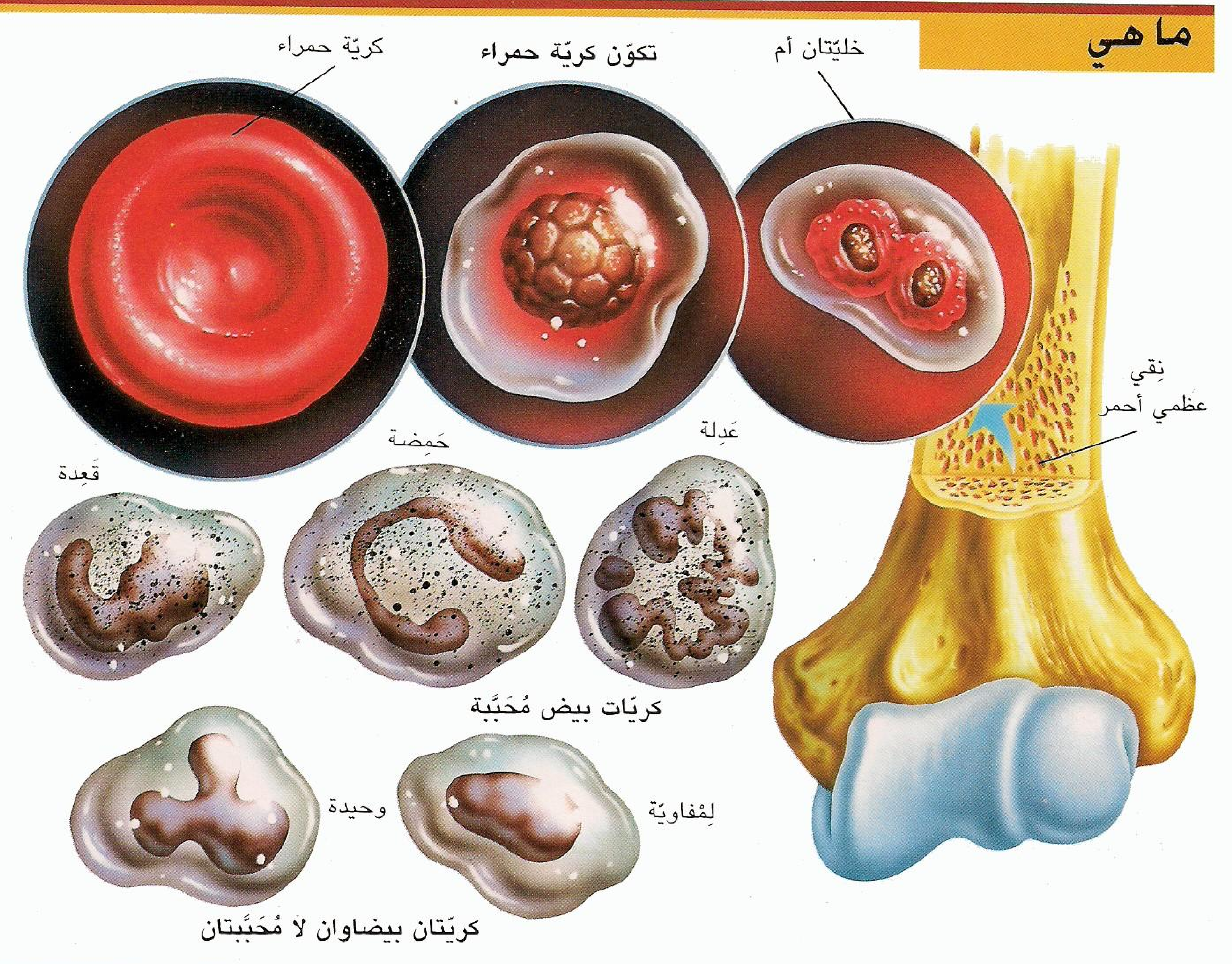
وعندما يكونُ الجرحُ كبيرًا جدًا، فإن الصُفَيْحاتِ تشكّلُ بنيةَ دعمٍ تعملُ كالمِلاطِ الذي يلصقُ أحجارَ الحائطِ بعضَها ببعض: إنّها مادة الفِبرين التي تكوّن شبكةً، تُعرفُ بالجُلطةِ، تُسجنُ في داخلِها كريّاتُ الدمِ الحمرُ فتكوّنَ سدادةً تحولُ دونَ خروجِ الدم.

عندما تنقطعُ شُعَيْرةٌ متوسّطةُ الحجمِ، تهرعُ الصُفيحاتُ بأقصى سرعةٍ ممكنةٍ لتشكيلِ شبكةِ الفِبْرين وغلقِ الجرحِ؛ تلتصقُ الصُفَيْحاتُ الأقربُ إلى الجرح بحافتَي الجرح وتطلقُ موادَّ تجذبُ صُفيحاتٍ أخرى إلى الحافتين. تحتجزُ شبكةُ الفِبْرينِ مكوّناتِ الدمِ وتشكّلُ جُلطةً تعملُ كالسدادةِ، فتحولُ دونَ خروجِ الدمِ من الفتحةِ.

**(ج)** عندما يكونُ الطقسُ باردًا، تتقلّصُ الأوعيةُ الدمويّةُ لمنعِ تبدّدِ الحرارةِ؛ بالمقابلِ، تتوسّعُ الشُعَيْراتُ بفعلِ الحرارةِ لتسهيلِ ابترادِ الجسمِ.

# الكريات الحمر والكريات البيض

## ما هي

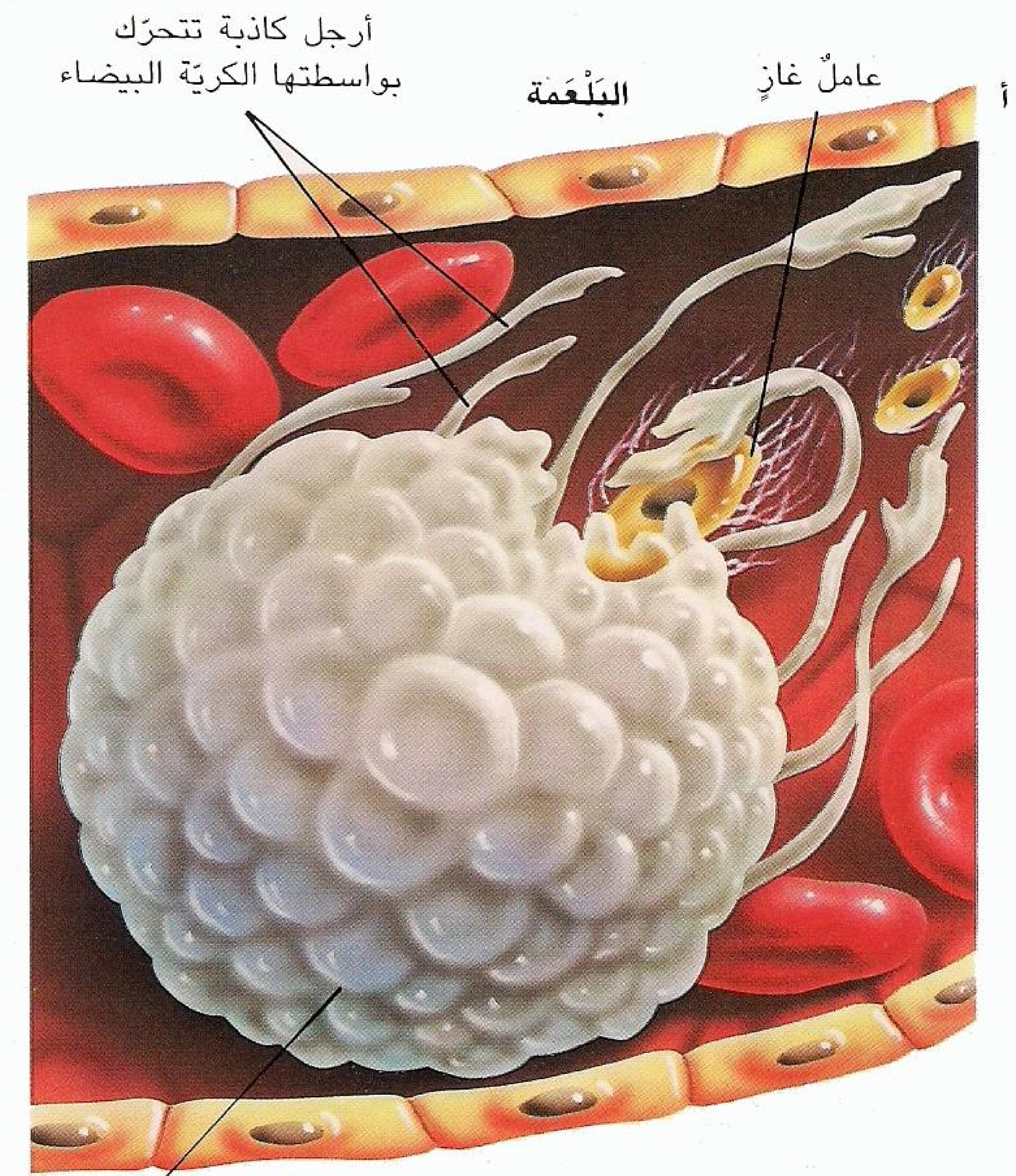


كريّتان بيضاوان لا مُحَبَّبتان

الكريّاتُ الحمرُ خلايا عديمةُ النواةِ قرصيّةُ الشكلِ، تعمل على نقلِ الأكسجين وثاني أكسيدِ الكربونِ. تشكّل الكريّاتُ الحمرُ 45% من حجمِ الدَّمِ الإجماليِّ (هناك أربعةُ أو خمسةُ ملايينِ كريّةٍ حمراء في كلِّ مليمترٍ مكعَّبٍ من الدم)، ويحملُها دفقُ الدَّمِ في الأوعيةِ إلى جميعِ أنحاءِ الجسمِ. وتُعزَى قدرةُ الكريّاتِ الحمرِ على نقلِ الأكسجينِ إلى احتوائها على جزيءٍ مميَّزٍ جدًّا هو الهيموغلوبين، أي الصِّباغُ الذي يعطي الدَّمَ لونَه الأحمرَ المعروفَ. تعيشُ الكريّةُ الحمراءُ حوالي 120 يومًا، وتتكوّنُ في النِّقْيِ الأحمرِ للعظامِ الطويلةِ. تنتج الكريّاتِ الحمرِ بشكلٍ متواصلٍ، إذ يُتلَفُ في الطحالِ حوالي مليوني كريّةٍ حمراء هرمةٍ في الثانيةِ الواحدةِ، ومن الضروري استبدالُها بأسرعِ ما يمكنُ.

تتولّى الكريّاتُ البيضُ أمرَ الدفاعِ عن الجسمِ ضدَّ هجومِ الجراثيمِ والفيروساتِ وغيرِها من الكائنات المجهريّةِ الغازيةِ. والكريّاتُ البيضُ خلايا عديمةُ النواةِ أكبرُ حجمًا من الكريّاتِ الحمرِ ولكن أقلُّ عددًا منها: هناكَ فقط 5000 إلى 10000 كريّةٍ بيضاء في كلِّ مليمترٍ مكعّبٍ من الدم. وتنقسمُ الكريّاتُ البيضُ إلى صنفينِ: المُحَبَّبةِ واللامُحَبَّبةِ. وهناك ثلاثة أنواعٍ مختلفةٍ من الكرياتِ البيضِ المحبّبة: العَدِلاتِ (وهي الأكثرُ فعاليّةً في الدفاعِ ضدّ العدوى وتشكّلُ 60-70% من مجمَلِ الكريّاتِ البيضِ) والحَمِضاتِ والقَعِدات. من جهةٍ أخرى، لا نجدُ سوى نوعينِ من اللامُحَبّباتِ: اللِمْفاويّاتِ والوحيداتِ. تتكوّنُ اللِمْفاويّاتُ في نِقيِ العظمِ ثمَّ تنتقلُ إلى العُقَدِ اللمفيّةِ، وهي تشكّلُ 20-30% من العددِ الإجماليِّ للكريّاتِ البيضِ.

## ما وظيفتها




(أ) خلافاً للكريّاتِ الحمرِ، تستطيعُ الكريّاتُ البيضُ التحرّكَ بنفسِها بواسطةِ أرجلٍ كاذبةٍ، كما تستطيعُ الخروجَ من الأوعيةِ للتوجّهِ إلى المناطقِ التي تشهدُ غزوًا جرثوميًا معاديًا. تسبحُ الكريّاتُ البيضُ عادةً في بلازما الدمِ حتى تكتشفَ وجودَ جرثومةٍ أو جسمٍ غريبٍ. عندئذٍ، تتوجّهُ الكريّةُ البيضاءُ بسرعةٍ إلى العاملِ المهاجمِ وتحيطُ بهِ لتُدخِلَه في سيتوبلازماها. أخيراً، تبدأُ الكريّةُ البيضاءُ بهضمِ العاملِ الغازي عن طريقِ البَلْعَمةِ. لكنَّ حياةَ الكريّاتِ البيضِ في الدمِ قصيرةٌ جدّاً، فهي لا تعيشُ أكثرَ من بضعةِ أيّامٍ. وعندما تموتُ الكريّاتُ البيضُ أثناءَ محاربتِها الجراثيمَ الغازيةَ، يتشكّلُ القَيْحُ، الذي يتكوّنُ من كريّاتٍ بيضٍ ميتةٍ وجراثيمَ ميتةٍ وحيّةٍ وبقايا خلويّةٍ سابحةٍ في اللِمْفِ.

(ب) يبيّنُ الرسمُ كيفَ تلتقطُ كريّةٌ بيضاءُ كريّةً حمراءَ هرمةً. وتقومُ الكريّةُ البيضاءُ بعدَ ذلكَ بابتلاعِها وهضمِها: ويُسحبُ الكثيرُ من الكريّاتِ الحمرِ من «الخدمةِ» بهذهِ الطريقةِ.

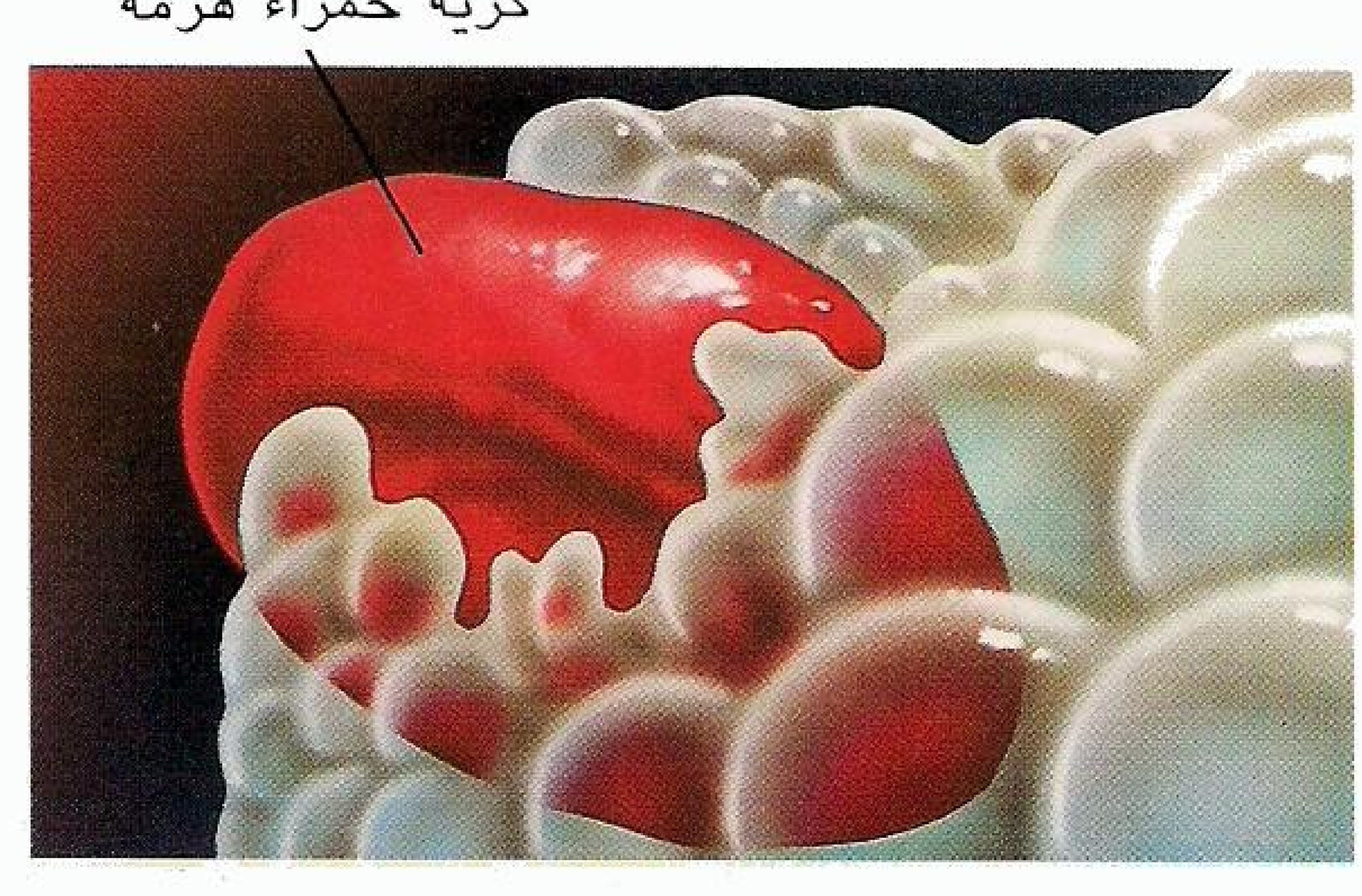
(ج) عندما يُصابُ الجسمُ بعدوى أو التهابٍ، كالتهابِ الزائدةِ مثلاً، يزدادُ عددُ الكريّاتِ البيضِ كردِّ فعلٍ دفاعيٍّ وتصبحُ بالتالي أكثرَ استعدادًا لمواجهةِ العدوى. لذلكَ، تتوزّعُ في الجسمِ أعضاءٌ مختلفةٌ قادرةٌ على صنعِ الكريّاتِ البيضِ.

ج

**الأعضاء المنتجة للكريات البيض**

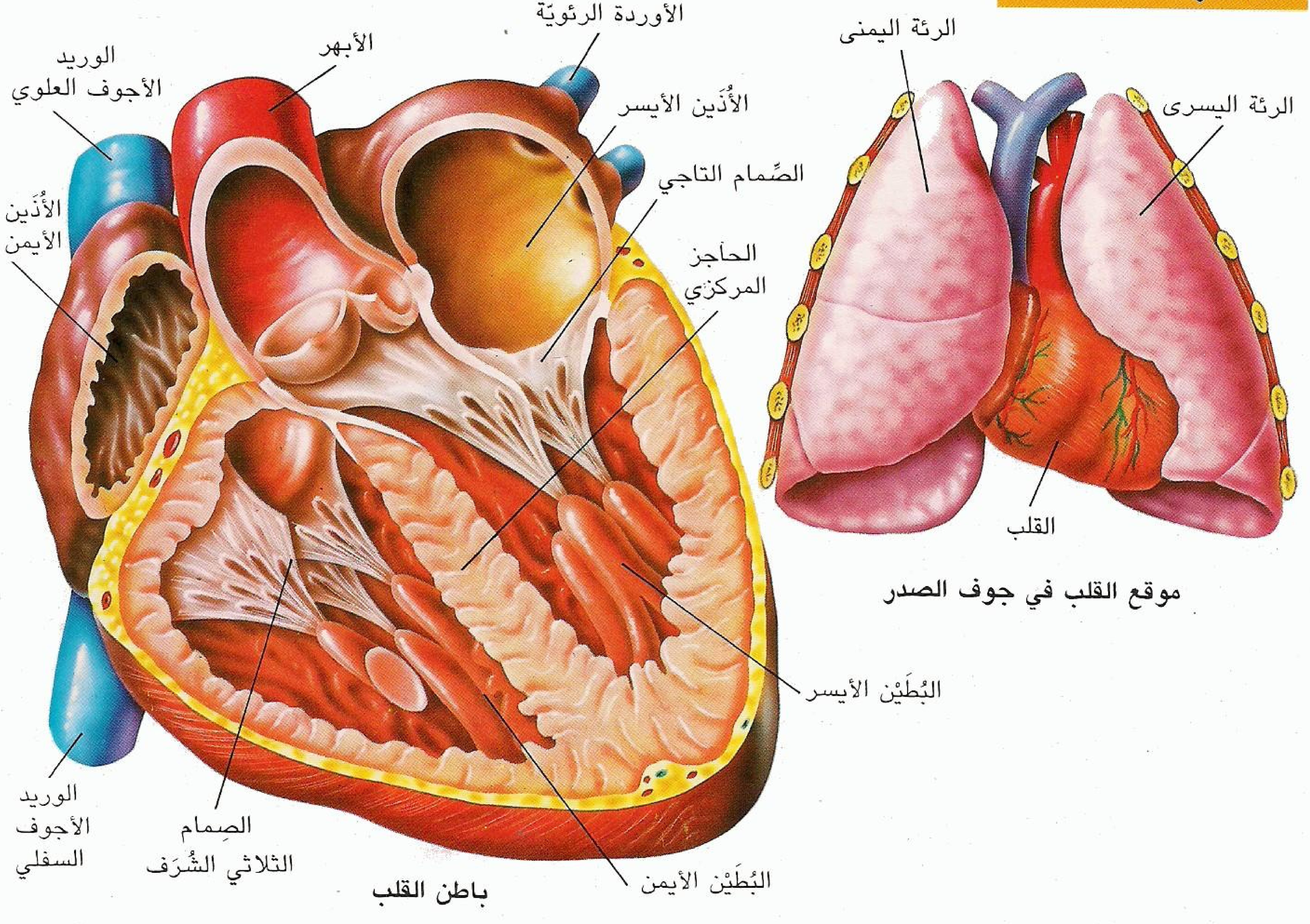
عُقَد اللوزتين
التوتة
عُقَد الإبط
الطحال
لُطَخات باير
نِقي العظم

ب




**كريّة بيضاء تبتلع كريّة حمراء**

## ما هو




باطن القلب

موقع القلب في جوف الصدر

يقعُ القلبُ بينَ الرئتينِ ويرتكزُ على الحجابِ. وهو عضوٌ أجوفُ لا يعرفُ الكللَ يعادلُ حجمُه في الإنسانِ البالغِ حجمَ القبضةِ ويتراوحُ وزنُه بينَ 300 و 500 غرام. يقسمُ حاجزٌ رئيسيٌّ القلبَ إلى نصفين: يضخُّ الجانبُ الأيسرُ من القلب الدمَ إلى جميعِ أنحاءِ الجسم، ما يجعلُ عضلَه أكثرَ نموّاً من عضلِ الجانب الأيمنِ، الذي يضخُّ الدمَ باتجاهِ الرئتينِ، حيثُ يُؤَكْسَجُ. ويحولُ هذا الحاجزُ دونَ امتزاجِ الدمِ الشريانيِّ بالدمِ الوريديِّ.

يحتوي كلُّ نصفٍ من القلبِ على جوفين: الأُذَينِ في الأعلى والبُطينِ في الأسفلِ. ويتّصلُ الأذينُ والبطينُ في كلِّ جانبٍ عبرَ ثقبٍ محاطٍ بحلقاتٍ وتريّةٍ تسمحُ بمرورِ الدمِ في اتجاهٍ واحدٍ فقط، من الأُذينينِ إلى البُطينينِ: إنّها صِماماتُ القلب، التي تضمنُ جريانَ الدمِ دائمًا في الاتجاهِ الصحيحِ.

يضخُّ القلبُ الدمَ الذي يجري في الشرايينِ ويجذبُ اليهِ الدَّمَ العائدَ في الأوردةِ. يصبُّ الوريدانِ الأجوفانِ في الأُذينِ الأيمنِ بينما تصبُّ الأوردةُ الرئويّةُ الأربعةُ في الأُذينِ الأيسرِ. ويخزنُ الأُذينانِ (جدرٌ رقيقةٌ) الدمَ الداخلَ الى القلبِ، فيما يتولّى البُطَينانِ (جدرٌ سميكةٌ ذات عضل) ضخَّه.

يتكوّنُ القلبُ من ثلاثِ طبقاتٍ مختلفةٍ: التامور وعضلِ القلبِ والشَّغافِ.. يشكّلُ التامورُ الغلافَ الخارجَيَّ الذي يحمي القلبَ ويثبّتُه بالبُنى المجاورةِ. يتكوّنُ الشَّغافُ من نسيجٍ مَرِنٍ يغطّي الطبقةَ العضليّةَ ويشكّلُ الصِماماتِ القلبيّةَ. أما عضلُ القلبِ فهو الطبقةُ العضليّةُ التي تنشأُ فيها حركاتُ القلبِ.

وتغذّي الأوعيةُ القلبيّةُ أو الإكليليّةُ عضلاتِ القلبِ.

(أ) تنتجُ ضرباتُ القلبِ عن تقلّصِ البُطينين. وتحدثُ كلُّ ضربةٍ أو تقلّصٍ بفعلِ دُفعةٍ كهربائيّةٍ تسري إلى جميعِ خلايا القلبِ كالشرارة، وتنشأُ في كتلةٍ صغيرةٍ من النسيجِ العصبيّ يُعرفُ بالنسيجِ العُقْديّ.

(ب) طوالَ حياةِ الإنسانِ، يؤدّي القلبُ نوعينِ من الحركاتِ بشكلٍ متناوبٍ: الانقباضاتِ (تقلّصاتٍ تطردُ الدّمَ من القلبِ) والانبساطاتِ (حركاتٍ تمدّديّةٍ يمتلىءُ القلبُ فيها بالدمِ الذي يصلُ إلى الأذينينِ عبرَ الأوردةِ الجوفاءِ والرئويّةِ الكبيرةِ).

تتألّفُ كلُّ دورةٍ قلبيّةٍ أو ضربةٍ من ثلاثِ مراحل، إذ لا يمكنُ للدّمِ أن يخرجَ من البُطينينِ إلاّ عندما يصلُ ضغطُ الدم إلى الحدّ الكافي لفتحِ دِساماتِ الخروجِ (الدِساماتِ الهلاليّةِ).

المرحلةُ الأولى، وتشملُ الانقباضَ الأُذَينيَّ والانبساطَ البُطَينيَّ (1): يتقلّصُ الأُذَينانِ فينتقلُ الدمُ من الأُذَينينِ إلى البُطَينينِ اللذينِ يمتلآنِ ثُمَّ تغلقُ الصِّماماتُ الثلاثيّةُ الشُّرَفِ التّاجيّةَ.

المرحلةُ الثانيةُ، أو الانقباضُ البُطَينيُّ (2): يتقلّصُ البُطَينانِ فيرتفعُ الضغطُ فيهما ويخرجُ الدمُ (الذي لا يستطيعُ الرجوعَ إلى الأُذَينينِ بسببِ انغلاقِ الصِماماتِ) من القلبِ عبرَ الشرايينِ.

المرحلةُ الثالثةُ، أو الانبساطُ العامُّ (3): بعد تفريغِ الدّمِ، يسترخي القلبُ ويتوسّعُ الأُذَينانِ والبُطينانِ، ما يؤدّي إلى دخولِ الدّمِ من جديدٍ من الأُذَينينِ.

يحملُ الشريانُ الرئويُّ، الذي يخرجُ من البُطَينِ الأيمنِ، الدمَ الوريديَّ المدفوعَ باتجاِ الرئتينِ للتخلّصِ من ثاني أكسيدِ الكربونِ وأخذِ الأكسجين؛ من جهةٍ أخرى، يخرجُ الأبهرُ من البُطَينِ الأيسرِ ويتفرّعُ في أنحاءِ الجسمِ.

الدُفعة الكهربائيّة العصبيّة المسبِّبة لضرباتِ القلب

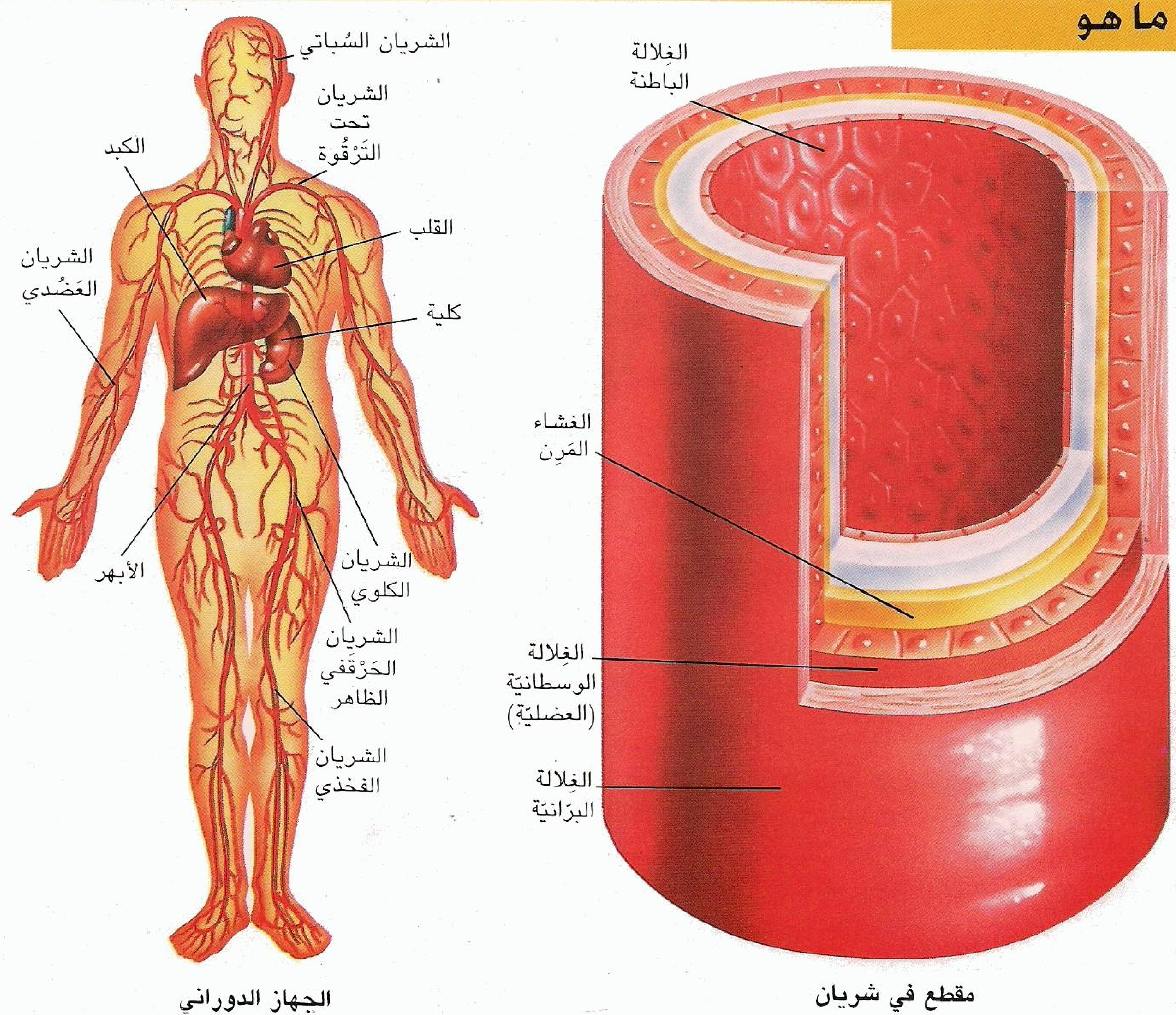
أ



الدورة القلبيّة

الصِمام الثلاثيّ الشُرَف المغلَق، كما يُرى من الأذين الأيمن

## ما هو



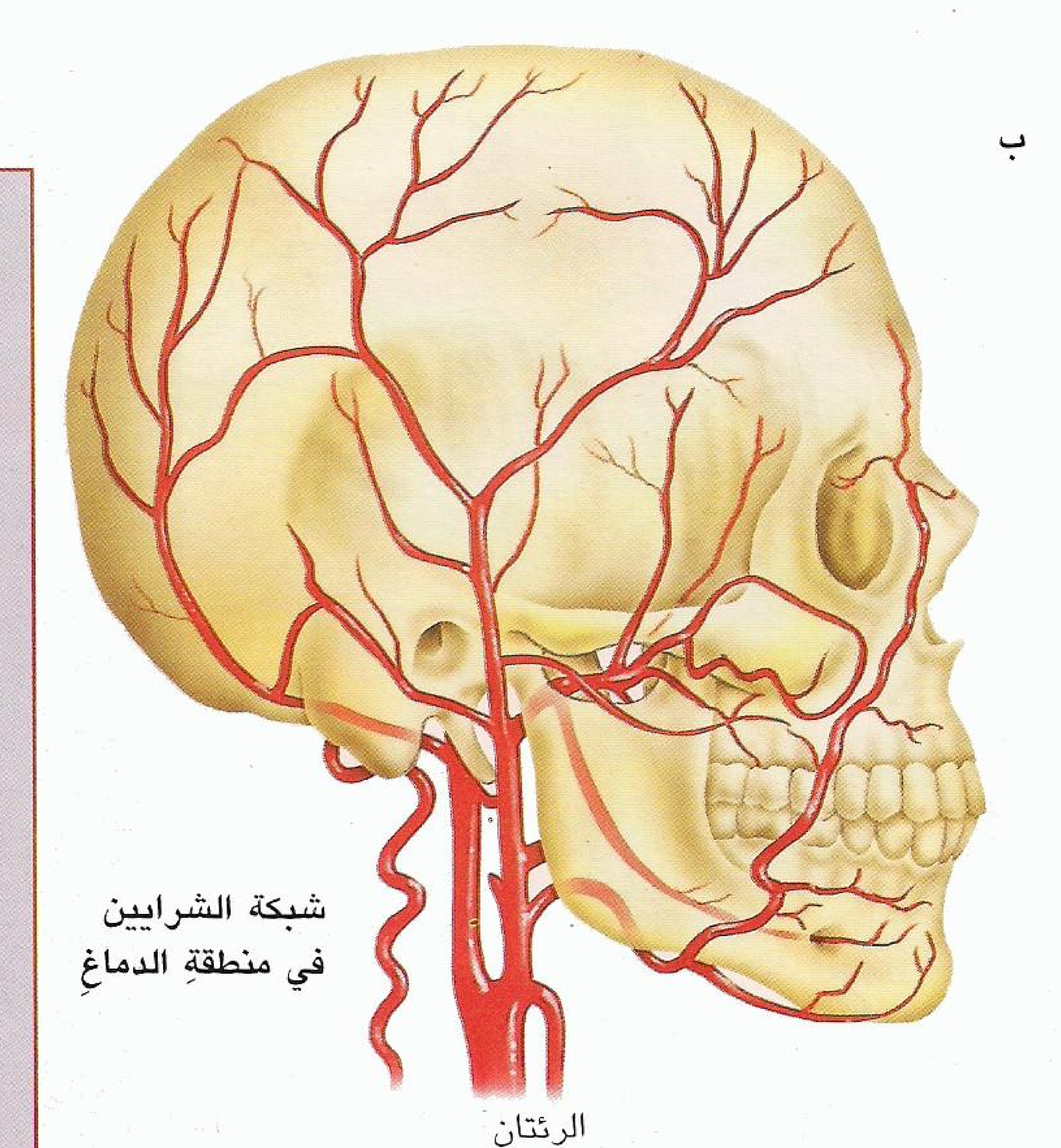

مقطع في شريان

الجهاز الدوراني

الشرايينُ هي الأوعيةُ الدمويّةُ التي يجري فيها الدَّمُ من القلبِ إلى أنسجةِ الجسمِ وأعضائِه المختلفةِ. ولكن، لكي يصلَ الدمُ الشريانيُّ إلى جميعِ أنحاءِ الجسم، يجبُ أن يدفعَه القلبُ بقوّةٍ كبيرةٍ، لذلكَ فإنَّ الدَّمَ يجري داخلَ الشرايين بفعلِ الضغطِ. ولكي تتحمّلَ الشرايينِ هذا الضغط، تتكوّنُ جُدُرُها الباطنةُ من نسيجٍ مَرِنٍ. فعلى سبيلِ المثالِ، يستطيعُ الأبهرُ (أكبرُ شريانٍ في الجسمِ) تحمّلَ قوّةِ الضربةِ التي يحدثُها خروجُ الدمِ من القلبِ، 60 إلى 70 مرّةً في الدقيقةِ، طوالَ حياةِ الإنسانِ.

يخرجُ من القلبِ شريانانِ: الأبهرُ، الذي يتفرّعُ في جميعِ أنحاءِ الجسمِ وينقلُ الدَّمَ في الدورة الدموية الكبرى؛ والشريانُ الرئويّ؛ الذي ينقلُ الدَّمَ إلى الرئتينِ لأكْسَجتِهِ في الدورة الدمويّة الصغرى.

تتكوّنُ جميعُ شرايينِ الجسمِ من ثلاثِ طبقاتٍ خلويّةٍ مختلفةٍ: الغلالةِ البرّانيّةِ، (الطبقة الخارجيّة) التي تتألّفُ من طبقةٍ من النسيجِ الضامِّ تغطّي الشريانَ من الخارجِ؛ والغلالةِ الوسطانيّةِ، التي تتألّفُ من أليافٍ عضليّةٍ ملساءَ قويّةٍ ومَرِنةٍ تستطيعُ تغييرَ قطرِ الشريانِ حسب الحاجةِ؛ والغلالةِ الباطنةِ، التي تتألّفُ من نسيجٍ بطانيٍّ يسمُح للدّم بالانزلاقِ بسهولةٍ داخل الشريانِ.

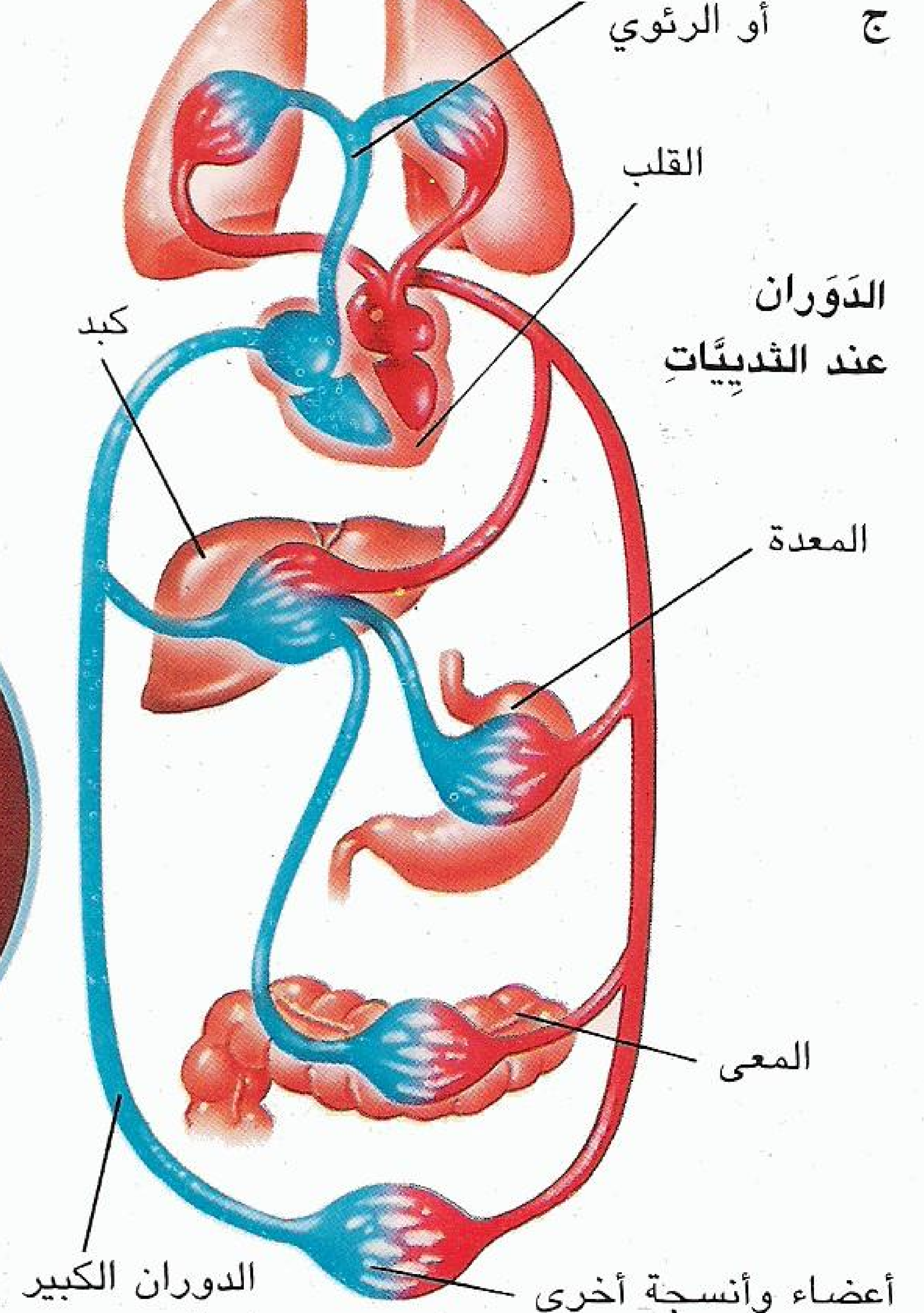



شبكة الشرايين
في منطقةِ الدماغِ

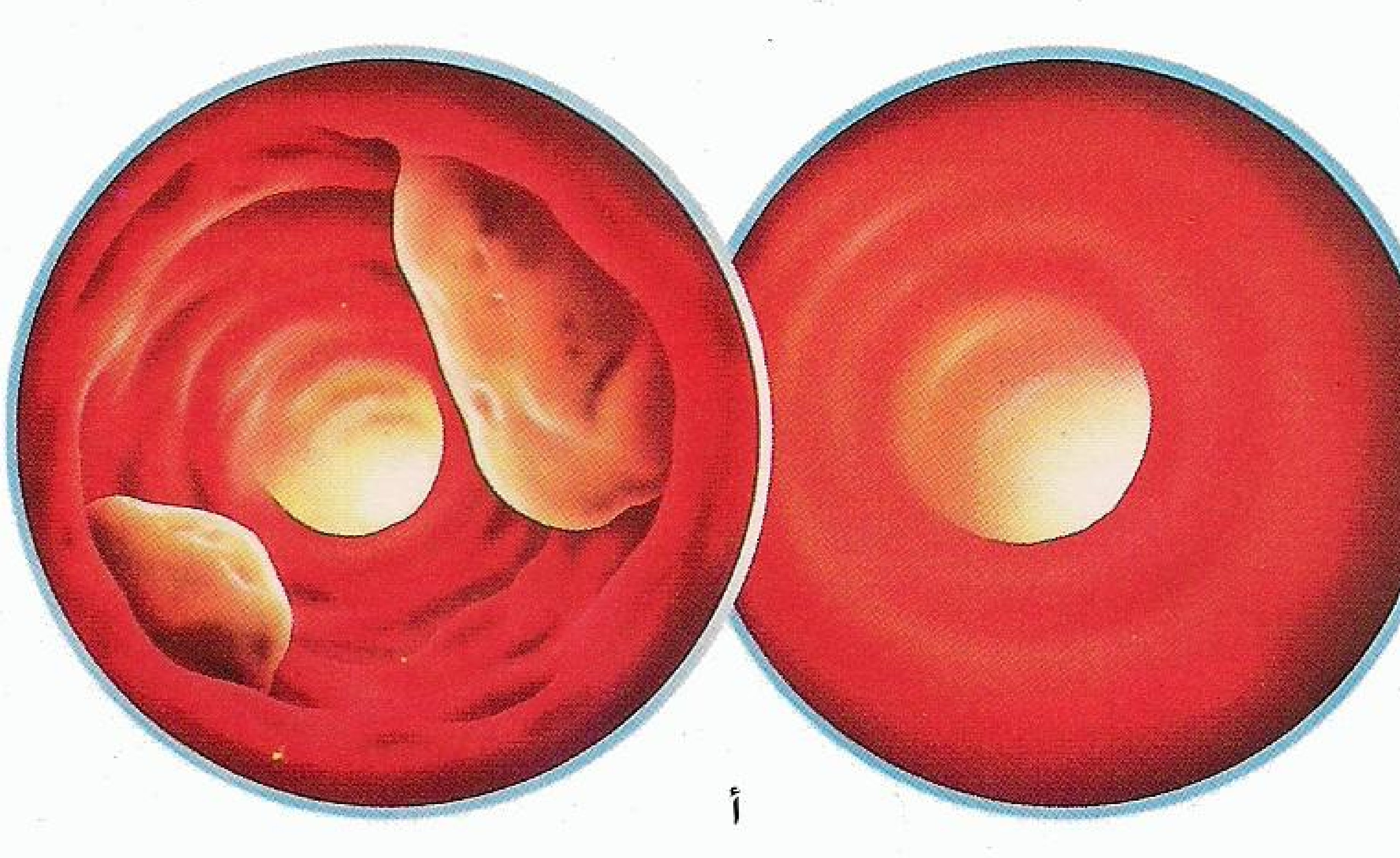
**(أ)** الشرايينُ السليمةُ والشابةُ أنابيبُ مَرِنةٌ ذاتُ جُدُرٍ ملساء يجري فيها الدَّمُ بسرعةٍ ودونَ احتكاكٍ يُذكر. لكن، مع تقدّمِ السنِّ أو بسببِ الأمراضِ، يأخذ باطنَ الشرايينِ بالتحوُّل تدريجيًا: للشرايينِ الهرمةِ والمتصلِّبةِ جُدُرٌ خشنةٌ، صلبةٌ وسريعةُ العطبِ تتسبَّبُ بمشكلاتٍ دورانيةٍ خطيرةٍ. ويجري الدَّمُ فيها بسرعةٍ أقلّ ويسهلُ تشكّلُ الجلطاتِ، التي يمكنُ أن تسدَّ الأوعيةَ الدمويةَ وتتسبَّبَ بأضرارٍ خطيرةٍ جدًّا.

**(ب)** عندما يخرجُ الدمُ الشريانيُّ من القلبِ، يتوجّهُ إلى أماكنَ مختلفةٍ مثلِ الدماغِ والكبدِ والأمعاءِ وأصابعِ القدمَينِ وغيرِها. إلاّ أنَّ بعضَ نواحي الجسمِ تُظهرُ شبكةً كاملةً ومعقّدةً من الشرايينِ، التي تؤمّنُ للأعضاءِ الحيويّةِ، مثلِ الدماغِ، الكميّةَ الكافيةَ من الأكسجينِ والموادِ المغذّيةِ.

**(ج)** يُقالُ إنَّ الدورانَ في جسمِ الإنسانِ كاملٌ (نظرًا إلى أنَّ الدَّمَ الوريديَّ والدَّمَ الشريانيَّ لا يمتزجانِ أبدًا) ومغلقٌ (لأنّه غيرُ متّصلٍ بالمحيطِ الخارجيِّ) ومزدوجٌ (لأنَّ الدَّمَ يجري في دورتينِ).



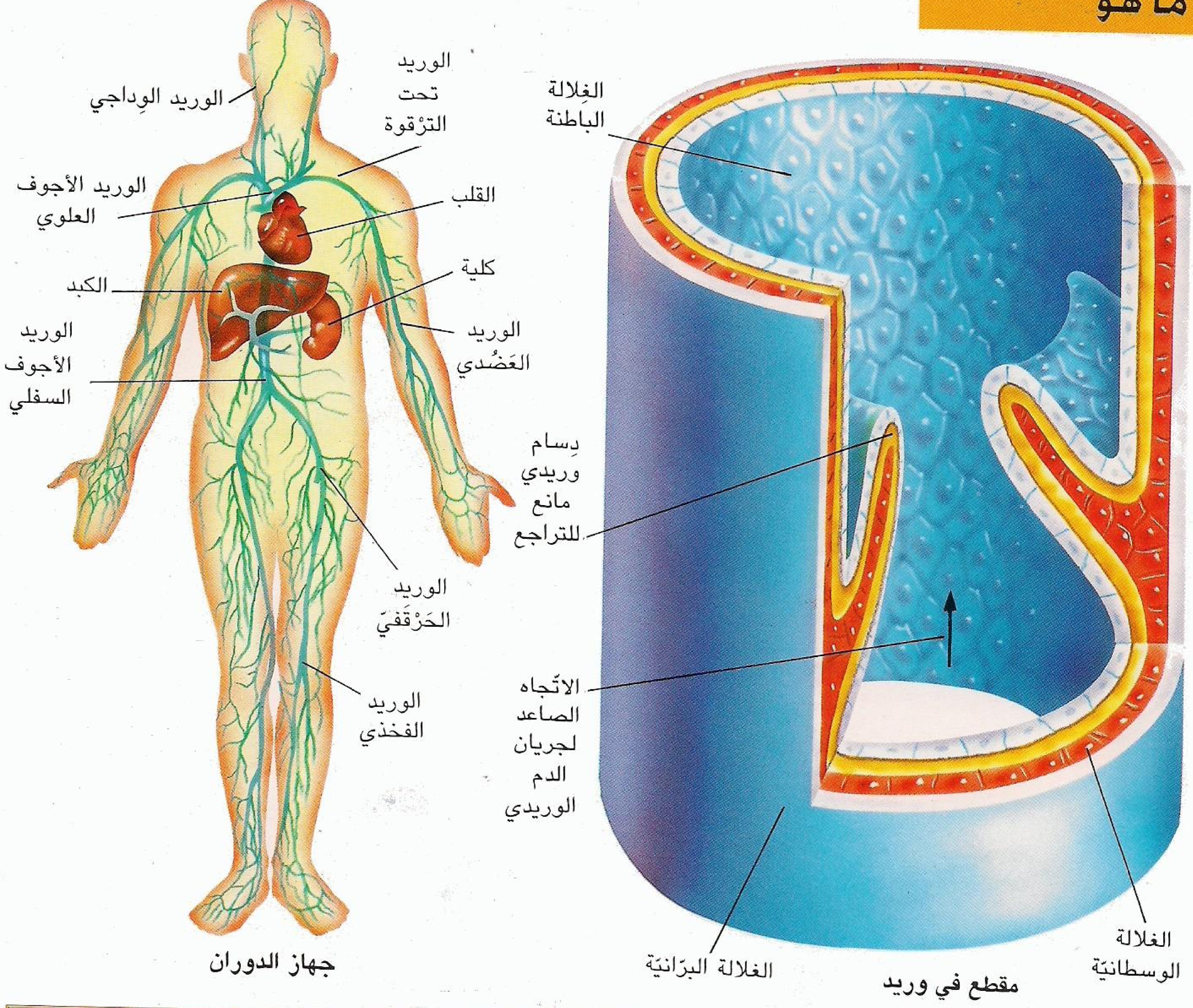

**الدَّوَران**
**عند الثدييّاتِ**




شريان سليم

شريان مريض أو هَرِم

## ما هو




**جهاز الدوران**

**مقطع في وريد**

يمتدُّ في الجسمِ جهازٌ وريديٌّ كاملٌ يتولّى إعادةَ الدَّمِ إلى القلبِ من جميعِ أنحاءِ الجسمِ التي غذّتها الشُّعَيْراتُ الشريانيّةُ بالدَّمِ النظيفِ. تشبهُ بُنيةُ الأوردةِ بُنيةَ الشرايينِ، فهي تتألّفُ مثلَها من ثلاثِ طبقاتٍ متتاليةٍ من النسيجِ، لكنَّ الغلالةَ الوسطانيّةَ أقلُّ سماكةً، ما يجعلُ الأوردةَ أكثرَ ليونةً وهشاشةً وأقلَّ مرونةً.

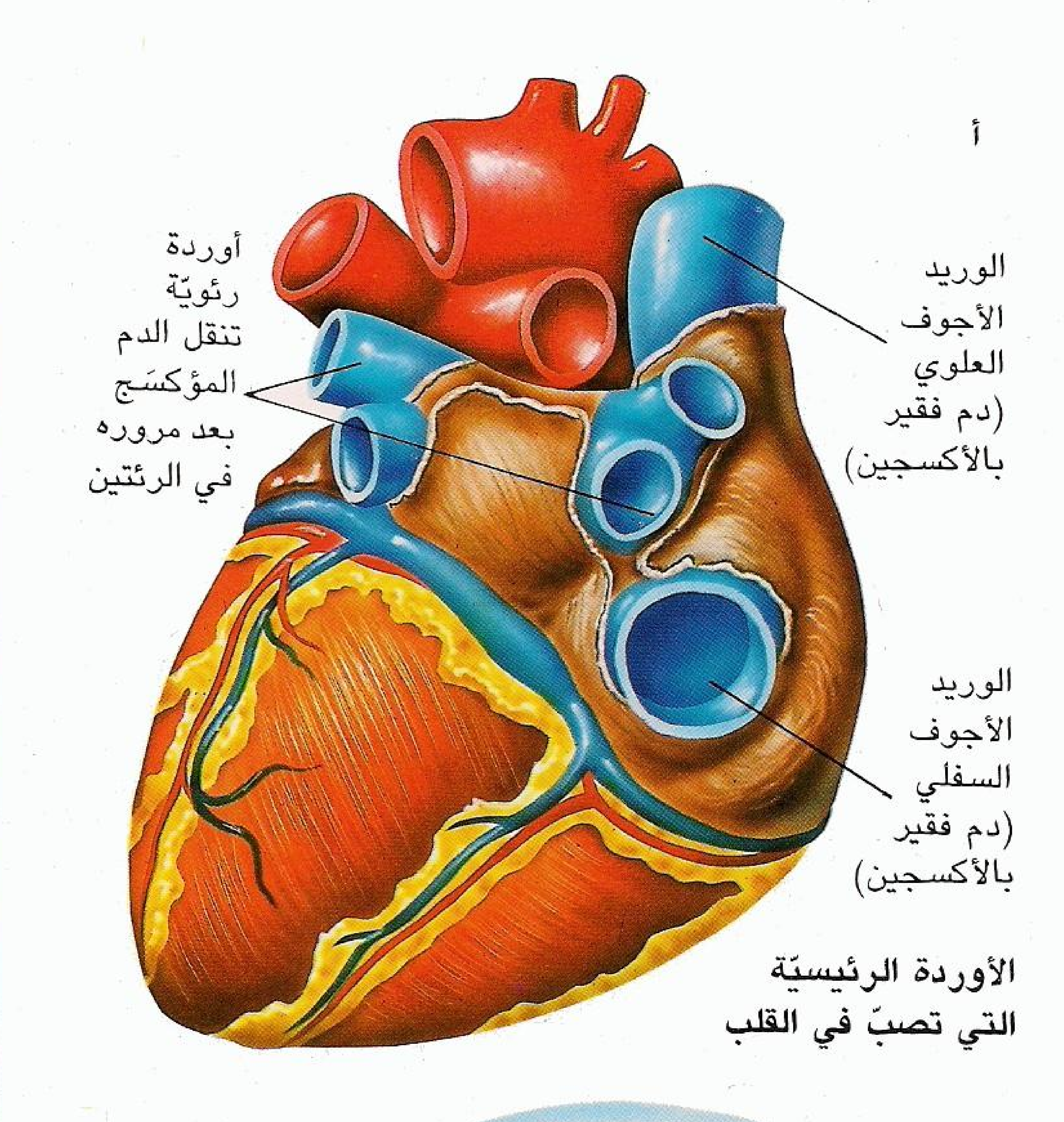
تتميّزُ الأوردةُ عامّةً بجُدُرٍ أكثر سماكةً ولكن أقلَّ مرونةً من الجُدُرِ الشريانيّةِ، ويجري فيها الدَّمُ الوريديُّ الفقيرُ بالأكسجينِ والمحمَّلُ بثاني أكسيدِ الكربونِ الناتج من عملية الاستقلابِ. وتشكّلُ الأوردةُ الرئويّةُ الأوردةَ الوحيدةَ التي تنقلُ الدَّمَ الشريانيَّ إلى القلبِ، إذ أنّها تخرجُ من الرئتينِ وتنقلُ الدمَ المؤكسَجَ. وتمتدُّ بقيّةُ الأوردةِ بموازاةِ الشرايينِ، وتنقلُ الدَّمَ الوريديَّ. وعندَ ارتفاعِ تركيزِ ثاني أكسيدِ الكربونِ في الدم، يتحوّلُ اللونُ الأحمرُ للهيموغلوبين الموجودِ في الكريّاتِ الحمرِ إلى اللونِ الأزرقِ المميِّزِ للدمِ الوريديِّ. ولا يجري الدمُ في الأوردَةِ بمثلِ قوّةِ جريانِه في الشرايينِ، نظرًا إلى بُعدِ دُفعاتِ القلبِ. ولهذا السببِ، تحتوي الأوردةُ الكبيرةُ على جهازٍ غريبٍ من الدِساماتِ الي تمنع تراجعَ الدّمِ.

## ما وظيفتها

بعدَ مرورِ الدَّمِ الوريديِّ في الشُّعَيْراتِ، يقومُ بجمعِ الفضلاتِ من الخلايا التي يمرُّ بها ويعودُ بعدَ ذلكَ إلى القلبِ. تغادرُ الكريّاتُ الحمرُ شبكةَ الشُّعَيْراتِ الشريانيّةِ وتصلُ إلى منطقةٍ تجتمعُ فيها الشُّعَيْراتُ الوريديّةُ لتشكيلِ أوردةٍ متزايدةِ الحجمِ (أوردةٍ كلويّةٍ، أوردةٍ كبديّةٍ...)، تتّحدُ جميعُها لتشكيلِ الوريدِ الجوفيِّ، الذي يصبُّ بدورِه في الأُذَينِ الأيمنِ للقلبِ.

**(أ)** يصلُ إلى أُذَيْنَي القلبِ نوعانِ مختلفانِ من الأوردةِ. تصلُ الأوردةُ الجوفاءُ محمَّلةً بدمٍ فقيرٍ بالأكسجينِ، بينما تعودُ الأوردةُ الرئويّةُ الى القلبِ ناقلةً الدَّمَ المؤكسَجَ بعد مروره في الرئتينِ. يُطلَقُ عادةً اسمُ الشريانِ على جميعِ الأوعيةِ الدمويّةِ التي تنقلُ الدَّمَ من القلبِ إلى أعضاءِ وأنسجةِ الجسمِ؛ أمّا الأوردةُ فهي الأوعيةُ الدمويّةُ التي تعيدُ الدَّمَ إلى القلبِ من أنحاءِ الجسمِ الأخرى.

**(ب)** تقومُ الدِساماتُ الموجودةُ داخلَ الأوردةِ الكبيرةِ بمنعِ الدمِ من تغييرِ اتّجاهِهِ والتراجعِ في الوريدِ: وهي طريقةٌ تضمنُ جريانَ الدمِ دائماً في الاتّجاهِ الصحيحِ. وتلعبُ هذه الدِساماتُ دورًا هامًّا جدًّا، إذ يقومُ الدمُ بجهدٍ كبيرٍ للصعودِ من طرفِ أصابعِ القدمينِ، مثلاً، إلى القلبِ.



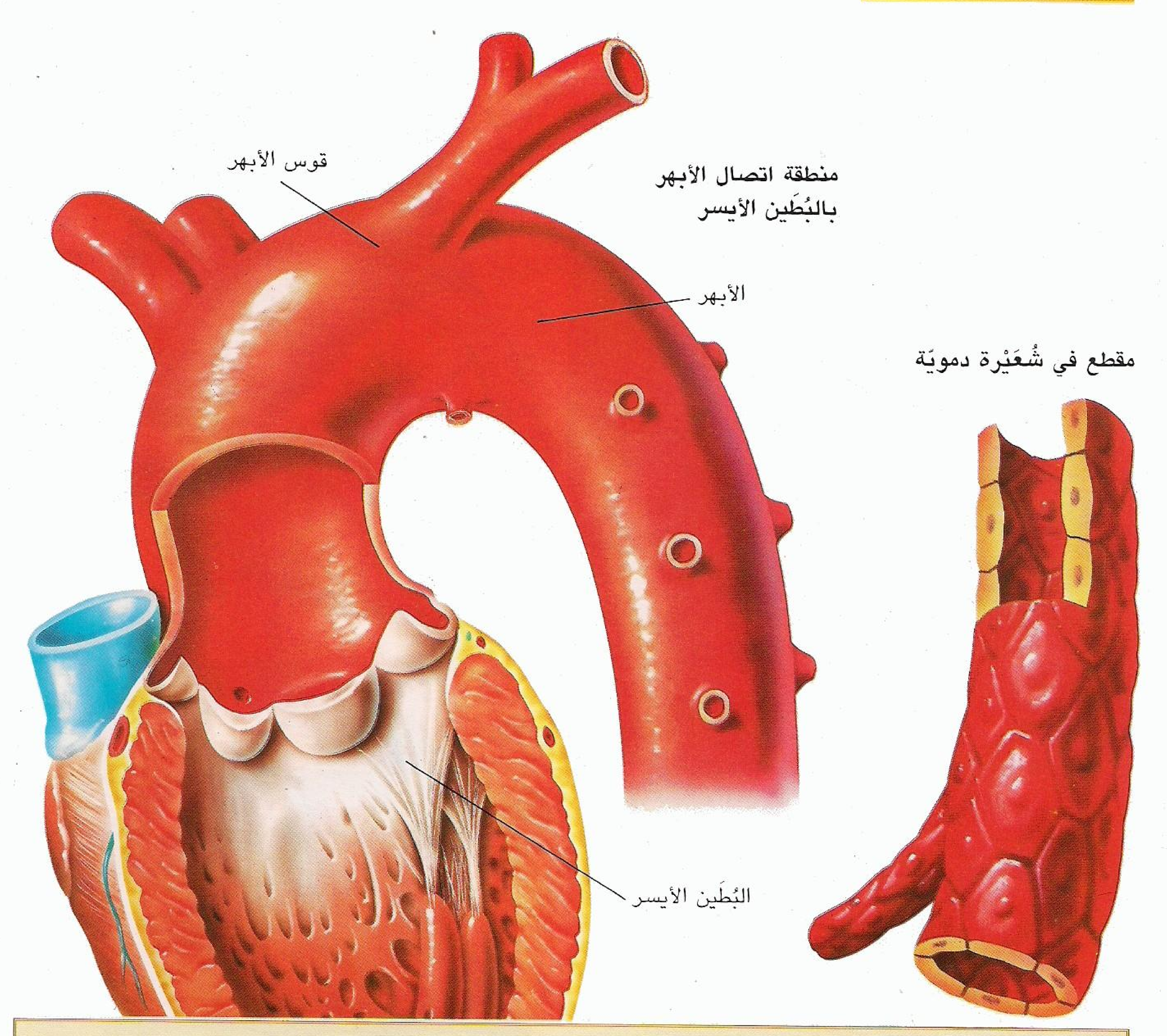

**الأوردة الرئيسيّة التي تصبّ في القلب**

ب

اتجاه مجرى الدم الوريدي

باطن الوريد

## ما هو




يبدأُ الدمُ رحلتَه الطويلةَ من القلب وينهيها فيه، بعدَ مرورِه في الأعضاءِ والخلايا، قاطعًا آلافَ الكيلومترات! ويدورُ الدّمُ دورةً كاملةً حولَ الجسم مرّةً كلَّ 60 ثانيةً، أي بمعدل 1440 مرّةً في اليوم.

يبدأُ الدمُ المؤكسَجُ رحلتَه باتّجاهِ أنسجةِ الجسمِ من البُطينِ الأيسرِ عبرَ الأبهرِ ويصلُ إلى جميع خلايا الجسمِ، بما فيها خلايا الجلدِ. ويصعدُ الدمُ في قوسِ الأبهرِ، ثمَّ ينتقلُ إلى الشرايينِ الثلاثةِ الكبيرةِ التي تنقلُه إلى الجزءِ العلويِّ من الجسمِ.

ويتفرّعُ الأبهرُ بعدَ ذلكَ لتشكيلِ الشرايينِ المختلفةِ التي تغذّي أعضاءِ الجسمِ كافةً.

تتفرّعُ الشرايينُ من جديدٍ داخلَ كلِّ عضوٍ، فينخفضُ قطرُها شيئًا فشيئًا حتى تشكّلَ الشبكةَ الشريانيّةِ الشُعَيْريّةِ، التي تحملُ المواد المغذّية والطاقةَ إلى جميعِ الخلايا. وينقلُ الدَّمُ، إضافةً إلى الأكسجين، هُرموناتٍ تفرزُها الغددُ وأيوناتٍ، مثل الصوديوم والبوتاسيوم، وفيتاميناتٍ ودهونًا وسكّريّاتٍ وبروتيناتٍ وأملاحًا معدنيّةً ومواد ضروريّةٍ عامّةً لحياةِ خلايا الجسمِ.

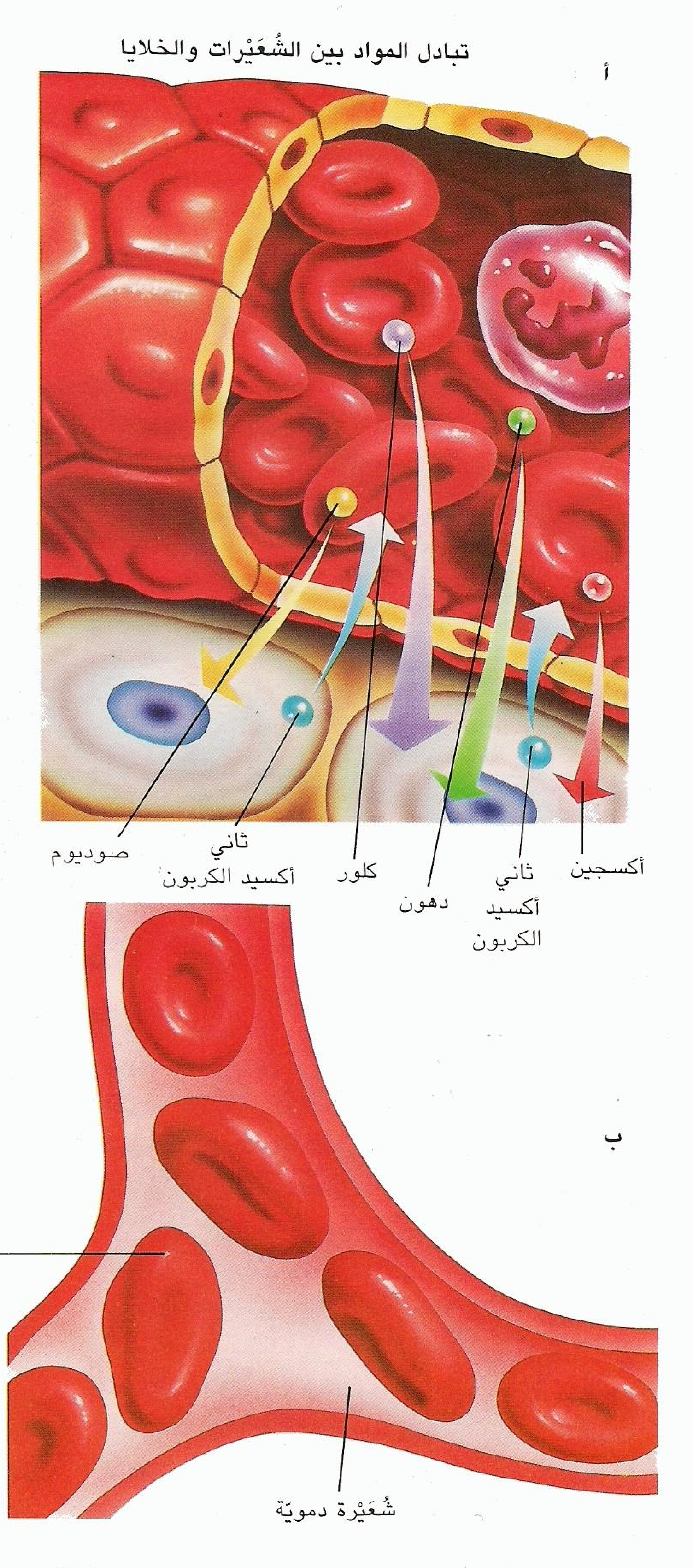
## ما وظيفته

يحملُ القسمُ الأكبرُ من الأنسجةِ شبكةً كاملةً وكثيفةً من الشُعَيْراتِ، بحيثُ لا تبعدُ أيُّ خليّةٍ أكثرَ من 00004 مليمترات عن أقربِ مصدرٍ للدمِ. بعدَ حدوثِ التبادلِ مع خلايا الأنسجةِ العضويّةِ، تتحوّلُ الشُعَيْراتُ الشريانيّةُ الى شُعَيْراتٍ وريديّةٍ وتبدأُ برحلةِ العودةِ إلى القلبِ.

**(أ)** يشكّلُ مرورُ الشُعَيْراتِ في الأنسجةِ أهمَّ جزءٍ من دورةِ الدمِ في الجسمِ، نظرًا إلى أنَّ تبادُلَ الموادِّ (أملاحٍ معدنيّةٍ، أيوناتٍ، إلخ) والغازاتِ يحدث بينَ الشُعَيراتِ والخلايا.

في هذا التبادلِ، تؤمّنُ الكريّاتُ الحمرُ الغذاءَ والأكسجينَ لجميعِ الخلايا، وتأخذُ منها كميّةً قليلةً من ثاني أكسيدِ الكربونِ، الذي يُنقلُ القسمُ الأكبرُ منه إلى الرئتينَ مُذابًا في بلازما الدمِ. ويُعرفُ تبادلُ الغازاتِ الذي يحدثُ في الخلايا باسم التنفّس الخَلويِّ.

**(ب)** الشُعَيْراتُ أوعيةٌ دمويّةٌ دقيقة جدًّا، يساوي قطرُها قطرَ الشعرةِ وتتألّفُ جُدُرُها من طبقةٍ واحدةٍ من الخلايا. وهذهِ الشُعَيْراتُ رفيعةٌ بحيث أنَّ الكريّاتِ الحمرَ تُضطرُّ للتراجعِ، لتتمكّنَ من المرورِ فيها الواحدةُ تلوَ الأخرى! وتسهلُ دِقّةُ هذه الأوعيةِ تبادلَ الموادِّ والغازاتِ مع خلايا الأنسجةِ التي تمرُّ فيها.

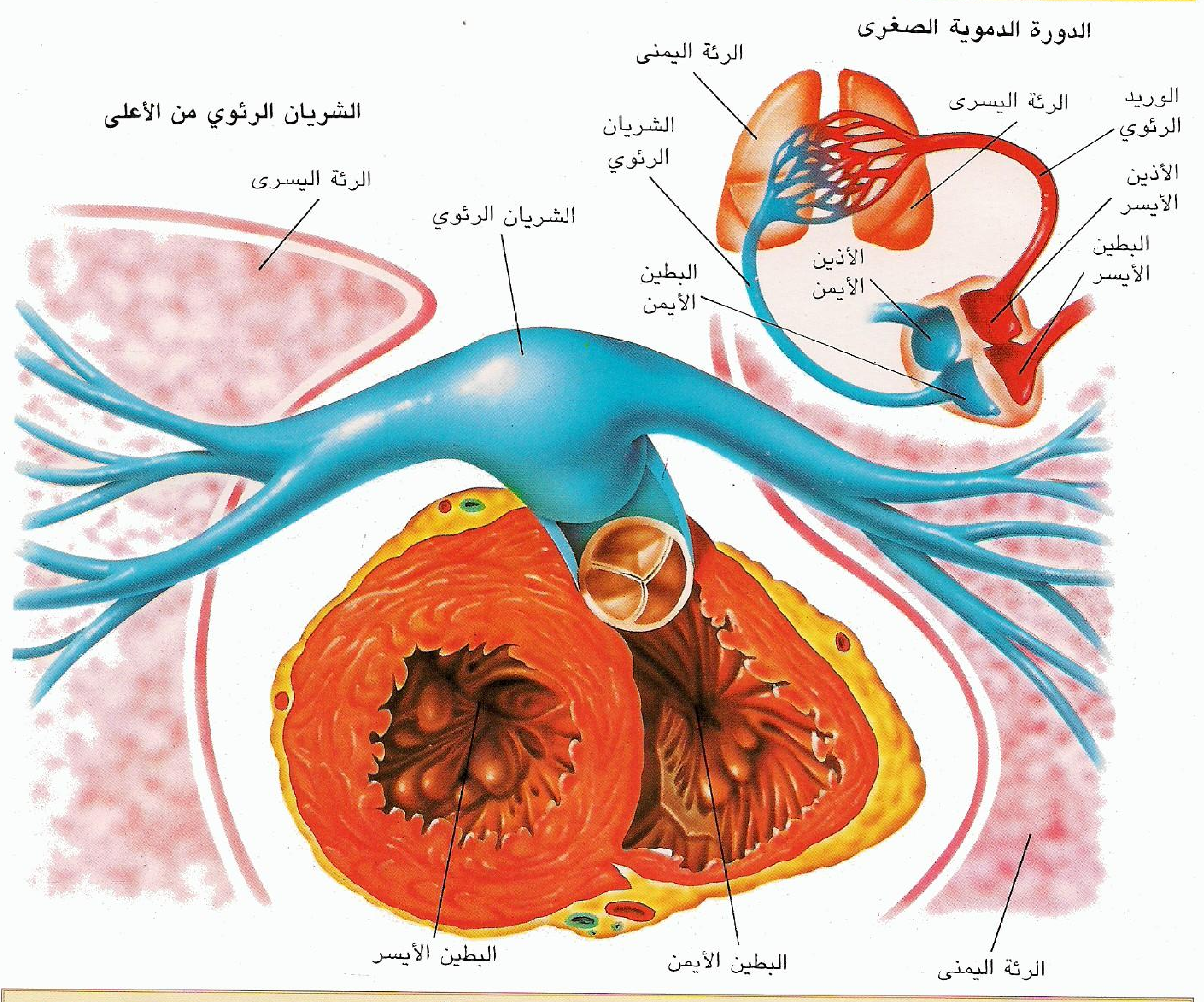



كريّة حمراء تتراجع لتتمكّن الكريّات الحمراء من المرور الواحدة تلو الأخرى

**مسار الكريّات الحمر في شُعَيْرة**

# الدوران الرئوي

## ما هو




الدورة الدموية الصغرى أو الرئوية هي جريانُ الدم من القلبِ إلى الرئتينِ ثُمَّ عودتُه إلى القلبِ محمَّلاً بالأكسجين.

في الدورة الصغرى، يضخُّ القلبُ الدمَ إلى الرئتينِ بقوّةٍ أقلّ مما يضخُّه في الأبهر، إذ يجبُ أن يُدفعَ الدَّمُ بلطفٍ في هذا الجزءِ من الدورة؛ ولذا يحتوي البُطَينُ الأيمنُ على ألياف عضليّةٍ أقلَّ بأربعةِ أضعافٍ من أليافِ البُطَينِ الأيسر. يكون الدمُ الخارجُ من القلبِ عبرَ البُطَينِ الأيمنِ فقيرًا بالأكسجينِ غنيًّا بثاني أكسيدِ الكربونِ (الذي يعطيه لونه الأزرقَ). ويتفرّعُ الشريانُ الرئويُّ إلى شريانَينِ يتوجّهُ كلٌّ منهما إلى رئةٍ؛ وينقسمُ كلُّ فرعٍ بعدَ ذلك إلى أوعيةٍ يتناقصُ قطرُها لتشكّلَ شبكةً من الشُعَيْراتِ، التي يجري فيها الدَّمُ ببطءٍ لتسهيلِ التبادلِ الغازيِّ في الأسناخِ الرئويّةِ: يمتلىءُ ويفرغُ السِنْخُ في يومٍ واحدٍ من التنفّسِ الطبيعيِّ أكثرَ من 15000 مرّةٍ.

تحتوي الرئتانِ على حوالي 300 مليونِ سِنْخٍ تخترقُها الشُعَيْراتُ الدمويّةُ: يعبرُ الأكسجينُ جُدُرَ الأسناخِ وينتقلُ إلى الشُعَيْراتِ الدمويّةِ، التي تحيطُ بالسِنْخِ كالشبكةِ. بعدَ وصولِ الدمِ المؤكْسَجِ إلى الأُذَيْنِ الأيسرِ عبرَ الأوردةِ الرئويّةِ، ينتقَلُ إلى البُطَينِ الأيسرِ، ثمَّ يُضَخُّ منه لتوزيعِ الأكسجينِ على جميعِ خلايا الجسمِ.

## ما وظيفته

إضافةً إلى ثاني أكسيدِ الكربونِ، يحتوي الدّمُ على موادَّ أخرى مؤذيةٍ يتخلّصُ منها الجسمُ عبرَ أعضاءٍ مختلفةٍ مثلِ الكبدِ والطحالِ والكليتينِ.

(أ) الكبدُ هو أكبرُ غدّةٍ في جسمِ الإنسانِ. ويزنُ الكبدُ 1.5 كيلوغرامات ويتكوّنُ من 50000 إلى 100000 فُصَيْصةٍ كبديّةٍ تقريبًا. الفُصَيصاتُ الكبديّةُ هي بُنىً بالغةُ الصغرِ أسطوانيّةُ الشكلِ، تتألّفُ من نسيجٍ كبديٍّ يحيطُ بوريدٍ مركزيٍّ. ينقّي الكبدُ جميعَ كميّةِ الدّمِ الموجودةِ في الجسمِ، فيرشّحُ الدّمَ الداخلَ إليه عبرَ وريدِ البابِ. يُوزَّعُ الدمُ في أنحاءِ الكبدِ عبرَ أوردةٍ متناقصةِ الحجمِ حتّى يصلَ إلى سطحِ الفُصَيْصاتِ الكبديّةِ، التي تقومُ بتنظيفِ وتنقيةِ الدّمِ. تحتوي الفُصَيْصاتُ على عددٍ كبيرٍ من الخلايا الكبديّةِ التي تتولّى ترشيحَ الدمِ وتستبقي الموادَّ السامّةَ التي كانَ ينقُلها.

(ب) الطّحالُ عضوٌ يزنُ 200 غرام تقريبًا، يعملُ في الحالاتِ الطارئةِ فيطلقُ الدمَ المخزونَ في داخلِه ويزيدُ بذلك التغذيةَ الدمويّةَ وأكْسَجةَ الأنسجةِ. ويشكّلُ الطحالُ أيضًا «مقبرةَ» الكريّاتِ الحمرِ، إذ يتلفُ حوالي مليونَي كريّةٍ حمراءَ في الثانيةِ!

(ج) تحتوي كلُّ كليةٍ على أكثر من مليونِ كُلْيونٍ، يُنقّى فيها الدمُ عندَ مروره في مجموعةٍ معقّدةٍ من الشُّعَيْراتِ تُعرفُ بالكُبَيْباتِ وتُطرحُ الفضلاتُ بعدَ ذلكَ على شكلِ بول.



دوران الدم في الكبد



مقطع للطحال




تخلّص الدم من الفضلات
أثناء مروره بكُلْيونات الكلية

# الجهاز اللمفي




مقطع في شُعَيْرة لِمفيّة

مقطع في وعاء لمفي

الجهاز اللمفي



يشكّلُ الجهازُ اللِمفيُّ جهازًا دورانيًا «آخرَ» يجري في أوعيتِه اللِّمْفُ بدلاً من الكريّات الحمرِ. واللِمْفُ سائلٌ ضاربٌ للبياضِ ينقلُ البروتيناتِ وغيرَها من الجزيئاتِ التي لا يسمحُ لها كبرُ حجمِها بدخولِ الشُّعَيْراتِ الدمويّةِ. ولِلّمْف نفسُ تركيبِ البلازمَا تقريبًا، لكنّه يحتوي على كميّةٍ أقلّ من الأكسجينِ والبروتينِ وعددٍ أكبر من اللِمْفاويّات.
تتشابكُ الشبكتانِ الشُّعَيْريّتانِ الدمويّةُ واللِّمْفيّة، إذ تمتدُّ الشُّعَيْراتُ اللُّمفيّةُ دائمًا بجوارِ الشُّعَيْراتِ الدمويّةِ، وتتمثّلُ وظيفتُها الرئيسيّةُ في تجميعِ البلازما التي مرّت من الشعَيْراتِ الدمويّةِ إلى الأنسجةِ، ثمَّ نقلِها وإعادتِها إلى الدَّم. ويحولُ إنْزاحُ الشعيراتِ فائضَ اللِمْف دونَ إغراقِ الأنسجةِ بالسائل.

يتألّفُ الجهازُ اللِّمفيُّ من شبكةٍ من الشُّعَيْراتِ تتّحدُ لتشكيلِ أوعيةٍ أكبر حجمًا، مثلما يحدثُ في الجهازِ الوريديِّ. وتسمحُ الجُدُرُ الرقيقةُ لهذه الأوعيةِ بمرورِ البروتيناتِ والجُزَيْئاتِ الكبيرةِ التي لا يمكنُ للشُّعَيْراتِ الدمويّةِ امتصاصُها.
تحملُ الأوعيةُ اللمْفيّةُ في داخلِها دساماتٍ هلاليّةً تجبرُ اللِمْفَ على الجريانِ باتجاهٍ واحدٍ فقط. ولا يضمُّ الجهازُ اللمفيُّ عضوًا لضخِّ اللِمْفِ، بل يجري اللِمْفُ بدفعٍ من «التدليكِ» الذي تقومُ به حركةُ عضلاتِ الجسمِ ومنَ الفعلِ الماصِّ للتنفّس، اللذين يضغطانِ الأوعيةَ ويدفعانِ اللمْفَ في الاتّجاهِ الوحيدِ الممكنِ.

# ما وظيفته

**انتقال البلازما بين الشُّعَيْرات الشريانيّة والوريديّة وشُعَيْرات الجهاز اللِمْفي**

(أ) تتميزُ الشُعَيراتُ اللمفيَّةُ بأطرافِها المغلَقةِ الشبيهةِ بأصابعِ القفّاز. والشعَيْراتُ اللمْفيَّةُ أوعيةٌ دقيقةٌ جدًّا تتكوّنُ من النسيجِ البطانيِّ وتشبهُ الأوردةَ في بُنْيتِها، لكنَّ جُدُرَ الشُعيراتِ اللمفيّةِ أكثرُ رقّةً من جُدُرِ الأوردةِ وتحملُ مجموعةً من المسامِّ يدخلُ منها اللمْفُ.
ينقلُ اللمْفُ في جرَيَانِه جُزيئاتٍ غذائيّةً لا يسمحُ لها كبرُ حجمِها بالمرورِ عبرَ الشُعَيْراتِ الدمويّةِ ويتمُّ تبادلُها مع البلازما بينَ الخلايا. يجري اللِمْفُ ببطءٍ شديدٍ ويغذّي بعضَ الأنسجةِ بشكلٍ مباشرٍ (مثل الغضاريفِ التي لا تغذّيها أية أوردةٍ دمويّةٍ).

(ب) ويقومُ الجهازُ اللمْفيُّ أيضاً بوظيفةٍ دفاعيّةٍ ضدَّ هجومِ الجراثيمِ والكائناتِ المجهريّةِ: إذ تقعُ على طولِ الأوعيةِ اللمْفيّةِ حوالَي مئةِ عُقدةٍ لِمفيّةٍ، تنضجُ في داخلِها اللمفاويّاتُ والبلاعمُ، التي تتولى الدفاعَ عن الجسمِ ضدَّ أيِّ عدوى محتمَلةٍ. إضافةً إلى ذلك، تحتوي هذه العُقدُ على حواجزَ من النسيجِ الغشائيِّ يستطيعُ اللمْفُ المرورَ عبرَه، لكنّه يعملُ كشبكةٍ تلتقطُ الجراثيمَ وغيرَها من العواملِ الغريبةِ: إنّها اللحظةُ التي تغتنمُها اللمْفاويّاتُ للانقضاضِ عليها وبلعمتِها. تتكوّنُ العقدُ في نقطةِ التقاءِ عددٍ من الأوعيةِ اللمفيّةِ، وتتجمّعُ دائمًا في أماكنِ محدّدةٍ.

## قاموس

**انبساط diastole**: حركةُ توسّعٍ يمتلىءُ فيها القلبُ بالدّمِ الذي يصلُ إلى الأُذينينِ عبرَ الأوردةِ الجوفاءِ والرئويّةِ الكبيرةِ.

**انقباض systole**: حركةُ تقلّصٍ تدفعُ الدَّمَ خارجَ القلبِ.

**أيونات ions**: ذرّاتٌ أو مجموعاتٌ من الذرّاتِ أو جزيئاتٌ تكتسبُ شحنةً كهربائيّةً نتيجةَ ربحِ أو خسارةِ عددٍ من الإلكتروناتِ.

**بلازما plasma**: سائلٌ صافٍ يشكّلُ القسمَ الأكبرَ من الدّمِ واللمْفِ وتتعلّقُ فيه الخلايا الدمويّةُ.

**جراثيمُ bacteria**: كائنات مجهريّةٌ وحيدةُ الخليّةِ نجدُ منها أنواعًا كثيرةً. مختلفةً. بعضُ الجراثيمِ نافعٌ في الزراعةِ وبعضُها الآخرُ يتسبّبُ بالأمراضِ، ومنها ما يساهم في عمليات الاختمارِ والتفسّخِ، الخ.

**جُـزَيء molecule**: تجمّعٌ من الذرّاتِ يشكّلُ أصغرَ جزءٍ من المادةِ غيرِ الممزوجةِ يمكنُه التواجدُ بشكلٍ حرٍّ دونَ فقدانِ خصائصِه (خصائصِ المادةِ غير الممزوجةِ).

**سيتوبلازم cytoplasm**: مادّةٌ خلويّةٌ تحيطُ بالنواةِ وتحتوي على بُنىً تجري فيها معظمُ العمليّاتِ الخلويّةِ الحيويّةِ.

**طِحال spleen**: عضوٌ لِمْفيٌّ وعائيٌّ كبيرُ الحجمِ يقعُ في الجهةِ اليسرى من جوفِ البطنِ، تحتَ الحِجابِ. يرشّحُ الطِحالُ الدَّمَ ويسحَبُ منه الخلايا الهرمة أو المتلفة.

**ظِهارة epithelium**: طبقةٌ من الخلايا تغطّي السطحَ الباطنيَّ أو الخارجيَّ لأعضاءِ الجسمِ.

**غُضْروفٌ cartilage**: نوعٌ من النسيجِ العضويِّ يدعَمُ بُنى الجسمِ ويتمتّعُ بمرونةٍ أكبر من العظمِ.

**فِبْرين fibrin**: بُنيةُ دعمٍ تشكّلُ شبكةً، تُعرفُ بالجُلطةِ، تُحْبَسُ فيها كُريّاتُ الدَّمِ الحمراءُ، فتشكّلُ سَدادةً تحولُ دونَ خروجِ الدمِ.

**قَيْحٌ pus**: سائلٌ أبيضُ ضاربٌ للصُفْرةِ يتكوّنُ عندما تموتُ الكريّاتُ البيضُ في محاربتِها للجراثيمِ الغازيةِ. ويتألّفُ القيحُ من كريّاتٍ بيضٍ ميتةٍ وجراثيمَ ميتةٍ وحيّةٍ وبقايا خلويّةٍ تسبحُ في اللمْفِ.

**مُخاطيّةٌ (أو غشاءٌ مُخاطيٌّ) mucosa**: نسيجٌ يغطّي باطنَ أجوافِ الجسمِ، كما تغطّي مثلاً المخاطيّةُ الفمويّةُ جوفَ الفمِ.

**هيموغلوبين hemoglobin**: بروتينٌ يتواجدُ داخلَ الكريّاتِ الحمرِ ويتكوّنُ من أربعةِ جزيئاتٍ تحتوي على الحديدِ، يتّحدُ بها الأكسجينُ ليُنقلَ في الدّمِ.

## المحتوى

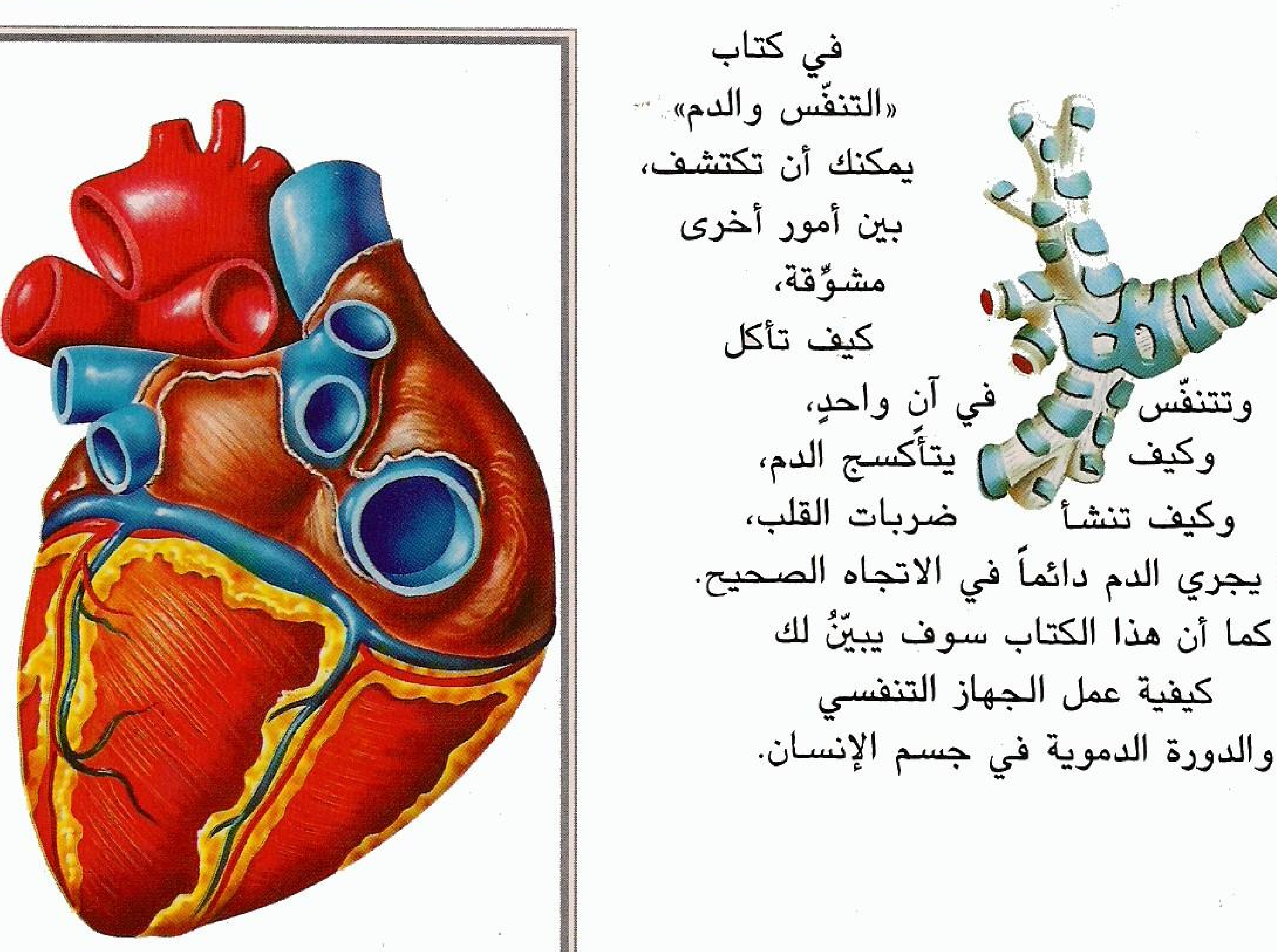

عرب كوميكس
www.arabcomics.net

# التنفس والدم

سلسلة «جسم الإنسان» مجموعة من الكتب تعرّفك، برسومها التفصيلية الملوّنة، بأسرار الجسم وتركيب أعضائه ووظائفه.
والكتب الأربعة التي تؤلف المجموعة تعرض لشكل وبنية وعمل العضلات والعظام، والجهاز العصبي، وكذلك لعمليات مختلفة في الجسم مثل الهضم والتوالد والتنفّس. والدورة الدموية، وقد استعملت فيها لغة مبسّطة ولكن لا تخلو من الدقة العلمية.

**في هذه السلسلة**

- العضلات والعظام
- الهضم والتوالد
- التنفس والدم
- الجهاز العصبي



في كتاب «التنفّس والدم» يمكنك أن تكتشف، بين أمور أخرى مشوّقة، كيف تأكل وتتنفّس في آن واحدٍ، وكيف يتأكسج الدم، وكيف تنشأ ضربات القلب، ولماذا يجري الدم دائماً في الاتجاه الصحيح. كما أن هذا الكتاب سوف يبيّنُ لك كيفية عمل الجهاز التنفسي والدورة الدموية في جسم الإنسان.